



Tillskott av linfrö till foderstater för mjölkkor

- **påverkan på näringstillförseln och mjölkens fettsyra-sammansättning hos 5 sydsvenska mjölkkobesättningar**

The addition of linseed to dairy cows diet

- **the impact on nutrition, and milk fatty acid composition in 5 southern Swedish dairy herds**

av

Angelica Eriksson

**Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Sveriges lantbruksuniversitet**

***Department of Animal Nutrition and Management
Swedish University of Agricultural Sciences***

**Examensarbete 368
30 hp A2E-nivå**

***Degree project 368
30 credit A2E-level
Uppsala 2012***



Tillskott av linfrö till foderstater för mjölkkor

- påverkan på näringstillförseln och mjölkens fettsyrasammansättning hos 5 sydsvenska mjölkkobesättningar**

The addition of linseed to dairy cows diet

- the impact on nutrition, and milk fatty acid composition in 5 southern Swedish dairy herds**

av

Angelica Eriksson

Handledare/ Supervisor: Christian Swensson, Inst. f. biosystem och teknologi

Examinator/ Examiner: Jan Bertilsson, Inst. f. husdjurens utfodring och vård

Nyckelord/ Key words: Linfrö, omega-3, omega-6, mjölkavkastning, metanavgång, klimatpåverkan

**Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Sveriges lantbruksuniversitet**

**Examensarbete 368
30 hp A2E-nivå
Kurskod EX0552**

***Department of Animal Nutrition and Management
Swedish University of Agricultural Sciences***

***Degree project 368
30 credit A2E-level
Course code EX0552
Uppsala 2012***

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD.....	5
SAMMANFATTNING.....	6
ABSTRACT	7
1 INLEDNING.....	8
2 LITTERATURSTUDIE	9
2.1 FETTSYROR	9
2.2 BALANSEN MELLAN OMEGA-6 OCH OMEGA-3	11
2.3 MJÖLKFETTSYROR.....	11
2.4 VÅMMENS FETTOMSÄTTNINGSMETABOLISM	12
2.5 VALLFODRETS PÅVERKAN PÅ OMEGA-3 KONCENTRATIONEN	13
2.6 SKILLNAD MELLAN OLIKA PRODUKTIONSSYSTEM	14
3. ODLING AV LINFRÖ.....	15
3.1 LINFRÖODLING I SVERIGE	15
3.2 ODLING OCH SKÖRD AV LIN	15
3.3 LINFRÖET.....	16
4 MILJÖPÅVERKAN VID ODLING AV SOJABÖNA OCH OLJEPALM.....	17
4.1 SOJAODLING	17
4.2 OLJEPALMODLING	17
5. UTFODRING AV LINFRÖ.....	18
5.1 UTFODRING AV FETT TILL KOR	18
5.2 LINFRÖ I VÅMMEN	18
5.3 LINFRÖETS PÅVERKAN PÅ FRUKTSAMHETEN.....	19
5.4 HUR LINFRÖ PÅVERKAR MJÖLKENS KVALITET I JÄMFÖRELSE MED ANDRA OLJEVÄXTER	19
5.5 HUR BEARBETADE LINFRÖN PÅVERKAR MJÖLKENS KVALITET	20
5.6 METANAVGÅNG	23
6. FÄLTSTUDIE, MATERIAL OCH METODER	25
6.1 FÖRSÖKETS UPPLÄGG OCH BESÄTTNINGAR	25
6.2 PROVTAGNING	25
6.3 MJÖLKANALYS.....	25
6.4 FODERSTAT.....	26
6.5 METANAVGÅNG	28

6.6 FODERSTATSKOSTNAD	28
6.7 STATISTISKA ANALYSER.....	28
7 RESULTAT.....	29
7.1 INTAG AV OLIKA FETTSYROR.....	29
7.2 GENOMSNITTLIG AVKASTNING.....	30
7.3 FETTSYRASAMMANSÄTTNING I MJÖLK.....	31
7.4 BERÄKNAD METANAVGÅNG	34
7.5 EKONOMISKA ASPEKTER	35
8 DISKUSSION	36
8.1 FODERINTAG.....	36
8.2 MJÖLKAVKASTNING.....	36
8.3 FETTSYROR I MJÖLK	38
8.4 OLIKA GROVFODERSLAGS PÅVERKAN PÅ FETTSYRAHALTEN I MJÖLK	40
8.5 KONCENTRATETS OCH GROVFODRETS PÅVERKAN PÅ OMEGA-3 HALTEN	40
8.6 MILJÖMÄSSIGA ASPEKTER	41
8.7 EKONOMISKA ASPEKTER	42
9 FRAMTIDA FORSKNING	43
10 SLUTSATSER	44
11 REFERENSER	45
BILAGA 1	50
BILAGA 2	51
BILAGA 3	56
BILAGA 4	58
BILAGA 5	60
BILAGA 6.....	63
BILAGA 7	64

FÖRORD

Ett varmt tack riktas till Skånemejerier som initierat studien och tillsammans med partnerskap Alnarp finansierat den. Jag vill även rikta ett stort tack till de personer och företag som bidragit till att studien har blivit möjlig och för den hjälp jag fått på vägen med för- och efterarbetet. De jag vill tacka är:

Forskningschef Lena Nyberg på Skånemejerier som delat med sig av analysresultat till studien och även bistått med sina bakgrundsstudier.

Mina handledare Christian Swensson och Anders Herlin för hjälp med alla mina frågor.

De fem lantbrukarna (Hans Andersson, Magnus Espersson, Anders Lindholm, Ingvar Mårtensson, Ingemar Persson). De tre foderrådgivarna (Cissi Bjerström, Anna Ericsson och Nina Yngve) som gjort att försöket har kunnat genomföras.

Lantmännen och Sven Hellberg, som tagit fram ett foder till försöket samt bistått med hjälp angående frågor omkring det.

Skånesemin och Eva-Maria Lidström som hjälpt mig med alla mina frågor om NorFor (Typfoder).

Per Johan Herland som bidragit med sina kunskaper.

Agrosom och Konrad Lichtin som givit mig möjligheten att få träffa tyska lantbrukare och ta del av deras erfarenheter av linfröfoder samt för möjligheten att delta på ”Valorex-Research days”.

Min examinator, Jan Bertilsson, som läst och granskat arbetet.

Vill även tacka min familj och mina vänner (Johanna Berg-Johansson, Trixie Catherina Björnegren, Sören Petersen och Hanna Zackrisson) för tålamod, stöd och alla goda råd jag fått på vägen.

SAMMANFATTNING

Två viktiga fettsyror som människan inte själv kan bilda är α -linolensyra (C18:3) och linolsyra (C18:2) vilka är en omega-3 respektive en omega-6 fettsyra. Ett balanserat förhållande mellan dessa fettsyror har visat sig vara viktigt för den mänskliga hälsan men idag är intaget av omega-3 lägre i kosten på grund av att den ingår i färre produkter än de med omega-6. Det lägre intaget av omega-3 antas resultera i att vi lättare drabbas av bland annat hjärt- och kärlsjukdomar, övervikt och depression. En produkt som skulle kunna jämna ut kvoten mellan omega-3 och omega-6 är linfrö, vilken innehåller 58 % C18:3 och 14 % C18:2. Konsumtionen av mjölk och mjölkprodukter är hög i Sverige, vilket innebär att om omega-3 halten ökar i mjölken kan det komma konsumenternas hälsa tillgodo.

Odling av sojaböna och oljepalm, för tillverkning av sojamjöl och palmkärnkaka, är en drivkraft för skövling av stora områden regnskog i Sydamerika och Sydostasien. Om linfröodlingen samt användningen av linfrö ökar i Sverige kanske efterfrågan på sojamjöl och palmkärnkaka minskar. Det kan leda till mindre negativ påverkan på klimatet genom att transportutsläppen minskar samt att regnskogarna bevaras istället för att uppodlas. Dock har sojamjöl hög proteinkvalitet och är liksom oljepalm billigt. Efterfrågan på dessa produkter är därför stor och det kan därmed vara svårt att konkurrera med dem.

Målet med studien var att undersöka om det går att öka omega-3 halten i kors mjölk genom att tillföra krossade linfrön i mjölkkobesättningarnas foderstat och på så sätt jämna ut kvoten mellan omega-6 och omega-3. Studien hade även som mål att se huruvida tillförsel av krossade linfrön kan påverka mjölkproduktionen samt metanavgången.

I studien ingick 5 besättningar som drivs konventionellt. Försöket pågick under 10 veckor, där korna fick sitt normala foder under de första 2 veckorna för att därefter utfodras med försöksfodret i 8 veckor. Försöksfodret bestod av ett koncentrat och ett färdigfoder. Besättningarna utfodrades antingen med det ena eller båda fodren under hela försöket. Varje besättning var sin egen kontrollgrupp, genom att kontroll- och försöksperioden jämfördes inom besättningen. En gång i veckan togs ett mjölkprov ur tanken från varje besättning. Efter försöket skickades mjölkproverna på analys där halter av fett, protein, urea, laktos och fria fettsyror samt andelen konjugerad linolsyra (CLA), Palmitinsyra (C16:0) och Stearinsyra (C18:0) uppmättes. Mättade, omättade, enkelomättade, fleromättade, *trans*-, omega-3, omega-6 fettsyror analyserades. Även analysvärden från kokontrollen, på de besättningar som var med, användes.

Resultaten i studien visade att det inte blev någon skillnad i mjölkavkastning, fetthalt, energikorrigerad mjölk (ECM) och okorrigerat celltal vid utfodring med försöksfodret. Genom att minska andelen sojamjöl och palmkärnkaka och istället tillföra linfrön minskade andelen mättade fettsyror medan andelen enkel- och fleromättade fettsyror ökade signifikant. Det blev en signifikant minskning av fria fettsyror och ureahalt i mjölken, proteinhalten tenderade att minska och laktoshalten ökade signifikant. Den genomsnittliga utsöndringen av fettsyror i mjölken påverkades av försöksfodret. Kornas intag av C16:0 och C18:2 påverkades inte, däremot minskade C16:0 medan C18:2 ökade signifikant i mjölken. Både intaget och den genomsnittliga utsöndringen av C18:0 och C18:3 ökade signifikant. CLA ökade medan övriga *trans*-fettsyror inte påverkades signifikant av försöksfodret. Metanavgången minskade numeriskt i studien. Det var dyrare att utfodra med försöksfodret jämfört med kontrollfodret.

Slutsatsen som kan dras var att utfodring med krossade linfrön ökade omega-3 halten i mjölken vilket minskade kvoten mellan omega-6 och omega-3. Metanavgången beräknades minska numeriskt medan mjölkavkastningen inte påverkades i studien.

ABSTRACT

The human body cannot synthesize two important fatty acids (FA), α -linolenic acid (C18:3) and linoleic acid (C18:2), which are respectively an omega-3 and an omega-6 FA. A balanced ratio of these FA in the diet are important for the health of humans. However, today's daily intake of omega-3 is too low compared to the intake of omega-6. The low intake of omega-3 could be suggested to result in increased risks of developing cardiovascular disease, obesity and depression. A product that could improve the balance of the proportions of omega-3 and omega-6 is linseed which contains 58 % C18:3 (omega-3) and 14 % C18:2 (omega-6). The consumption of milk and milk products are relatively high in Sweden which would mean an increased content in the milk of omega-3 could benefit the consumer's health.

Crops like soybeans and oil palms for the production of soybean meal and oil palm kernel cake will directly or indirectly cause deforestation of large areas of rainforests in South America and Southeast Asia. An increase of linseed crop growing and a use of linseed as feed would perhaps decrease the market of soybean meal and palm kernel cake. This could then alleviate the pressure on deforestation, lower the emission from transports. However, soybean meal has a high protein quality and like the oil palm cake, also relatively cheap. The demands of these products are large and are therefore difficult to compete with.

The aim of this study was to investigate the possibility to increase the omega-3 content in the cows' milk by mixing crushed linseeds into the diet in order to balance the ratio of omega-6 and omega-3 content of the milk in several dairy herds. The study also aimed to study the influence of crushed linseed on milk and methane production.

The study included 5 herds which were run conventionally (not organic). The experiment lasted for 10 weeks. The cows had their usual feed for the first 2 weeks (control period) and they were then fed the test feed (crushed linseed) for the remaining 8 weeks (test period). The test feed was either a supplement to grains and forage or a full concentrate to forage. The herds were fed with one or both of the feeds during the whole experiment. For each herd, control and experimental periods were compared. A milk sample from the bulk tank was taken once a week from each herd. After the experiment the milk samples were analyzed for the content of fat, protein, urea, lactose and free FA, as well as the proportion of conjugated linoleic acid (CLA), palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), Saturated FA, unsaturated FA, monounsaturated FA, polyunsaturated FA, trans-FA, omega-3 FA and omega-6 FA. Data from the Dairy recording scheme was also used for the herds which used this

The results of the study showed that there were no differences in milk yield, fat content, energy corrected milk (ECM) and somatic cell counts when cows were fed the test feed. By replacing soybean meal and oil palm kernel cake with linseed, saturated FA decreased while mono- and polyunsaturated FA increased significantly. There was a significant decrease of free FA and urea content in the milk, the protein content tended to decrease, and the lactose content increased significantly. The average secretion of FA in the milk was affected by the experimental feed. The cow's intake of C16:0 and C18:2 was not changed by type of diet, whereas C16:0 decreased and C18:2 increased significantly in the milk. Both the intake and the average secretion of C18:0 and C18:3 increased significantly. CLA increased while the remaining *trans*-FA was not affected significantly by the test feed. Methane production decreased numerically in the study. It was more expensive to feed with the experimental feed than with the control feed.

In conclusion, the feeding of crushed linseed increased omega-3 content of the milk which reduced the difference between omega-6 and omega-3. Methane production had a numerical decrease while the milk yield was not affected in the study.

1 INLEDNING

Mjölk och mjölkprodukters hälsoeffekter har diskuterats, då mjölk innehåller en hög andel mättade fettsyror vilka har ansetts vara skadliga för hälsan. Nya studier visar däremot att mjölkens fettsyror inte har de negativa effekterna som har påståtts tidigare (Lutz, 2010). Dock borde mjölkens sammansättning kunna bli ännu nyttigare.

Det finns två typer av fettsyror som måste tillgodoses via födan eftersom människan inte kan producera dessa själv. Den ena är omega-3 fettsyran α -linolensyra, som framförallt finns i grönt gräs och i linfrö. Den andra är omega-6 fettsyran linolsyra, som bland annat finns i soja och solrosor (Chilliard & Ferlay, 2004). Omega-3 har visat sig ha bra hälsoeffekter för hjärt-kärlsystemet och blodfetterna samt för den psykiska hälsan (EFSA, 2011).

Fettsyrainnehållet i mjölken påverkas av vad kor äter (Chilliard & Ferlay, 2004). Tidigare studier har visat att omega-3 halten ökar i mjölken vid tillförsel av linfrö i kors foderstat (Petit *et al.*, 2004; Fuentes *et al.*, 2008; Petit & Gagnon, 2011). Även om omega-3 halten i mjölk är relativt låg kan den ha betydelse då konsumtionen av mjölk och mjölkprodukter är stor i Sverige. En betydande del av det dagliga behovet av omega-3 antas kunna tillgodoses via mjölkprodukter, såsom ost, smör och fil. Animaliska produkter svarar för 40 % av intaget av omega-3 fettsyror i Frankrike, enligt den franska motsvarigheten till Livsmedelsverket (AFSSA, 2001). I Frankrike finns idag mjölk och mjölkprodukter med förhöjd omega-3 halt att köpa i butikerna. Korna bakom produkterna utfodras med linfröprodukter. Ett stort intag av linfrön kan däremot ge problem med smältbarhet och mjölkproduktion på grund av den höga halten av fettsyror (Martin *et al.*, 2008).

Tillförsel av linfrö har även visat sig ha positiv miljöpåverkan då metanutsläppen från kor minskar (Martin *et al.*, 2008). Linfrö kan odlas på svenska åkrar (Lundin & Larsson, 2000) medan proteinfodermedel som till exempel sojamjöl och palmkärnkaka huvudsakligen importeras från Sydamerika, Borneo och Indonesien (Basiron, 2007; Everitt *et al.*, 2008). En övergång till odling av närproducerade linfrön minskar även det totala transportutsläppet av koldioxid (växthusgaser).

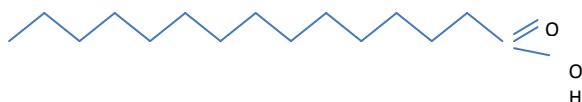
Målet med studien var att under praktiska förhållanden studera om omega-3 halten i mjölk kan påverkas samt att jämma ut kvoten mellan omega-3 och omega-6 när krossade linfrön tillförs. Studien undersökte även om krossade linfrön kan påverka mjölkproduktionen.

2 LITTERATURSTUDIE

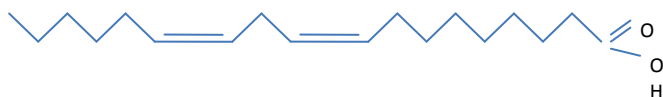
2.1 FETTSYROR

Fett delas in i tre huvudgrupper där triglycerider är den absolut största. Därefter kommer fosfolipider och steroler. Fettsyror finns både i och runt alla celler i kroppen och har till huvuduppgift att transportera och lagra energi. De kan vara mättade vilket innebär att de enbart har enkelbindningar eller också kan de vara omättade vilket innebär att de har en eller flera dubbelbindningar. Korta omättade fettsyror transporteras lättare medan långa fettsyror lagrar energi bättre (McDonald *et al.*, 2002). Korta fettsyror innehåller 4-8 kolatomer, medellånga fettsyror har 10-14 kolatomer och långa fettsyror innehåller 18 kolatomer eller mer. Korta- och medellånga fettsyror i mjölkfettet kommer nästan enbart från *de novo*-syntesen i våmmen (syntes av komplexa molekyler som kommer från enkla molekyler, exempelvis socker och aminosyror) medan långa fettsyror kommer från cirkulerande fetter i blodet. Fettsyror som har 16 kolatomer kommer från båda källorna och räknas som en blandning av medellånga och långa fettsyror (Bauman & Griinari, 2003).

Fettsyror är alltid uppbyggda på samma sätt med en metylgrupp i ena änden och en karboxylgrupp i den andra (figur 1). Däremellan finns en kolvätekedja, vilken skiljer i antalet kolatomer beroende på vilken fettsyra det är. Beroende på antalet dubbelbindningar kallas de för enkel- respektive fleromättade fettsyror. Strukturen hos fettsyror kan vara antingen rak eller vriden beroende på om de enbart har enkelbindningar eller om de har en eller flera dubbelbindningar. Molekylens riktning ändras vid dubbelbindningen. De flesta fettsyror kan kroppen själv bilda men två måste tillgodoses via födan och kallas gemensamt för essentiella fettsyror. De essentiella fettsyrorna är linolsyra (C18:2) och α -linolensyra (C18:3). Fettsyror skrivs ofta ut med denna förenklade form, beroende på antalet kolatomer (C) i kedjan, samt efter hur många dubbelbindningar det finns (står efter kolontecknet). Beroende på var första dubbelbindningen sitter i förhållande till metylgruppen ges omättade fettsyror ytterligare ett namn, omega. Exempelvis har C18:2 första dubbelbindningen vid sjätte kolet och heter därför omega-6 medan C18:3 heter omega-3 då den har första dubbelbindningen vid tredje kolatomen (McDonald *et al.*, 2002).



Palmitinsyra, C16:0



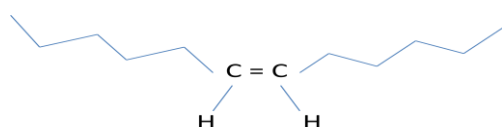
Linolsyra, C18:2



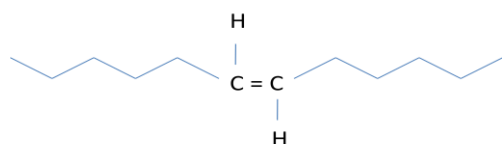
α -linolensyra, C18:3

Figur 1. Exempel på fettsyror som finns i mjölk. Palmitinsyra är mättad samt linolsyra och α -linolensyra är fleromättade.

Omättade fettsyror finns antingen i *trans*- eller *cis*-konfiguration. *Cis*-konfiguration är den naturliga formen. När en fettsyra är i *cis*-konfiguration är väteatomerna på samma sida av molekylen dubbelbindning (figur 2a). När en fettsyra istället är i *trans*-konfiguration är väteatomerna på varsin sida (figur 2b). Vid vardera dubbelbindning sker en vridning av väteatomen. *Trans*- är stabilare än *cis*-bindningarnas fettsyror och har rakare kedjor vilket ändrar fettsyrorens egenskaper och dess biologiska funktion. De får egenskaper som påminner om mättade fettsyror. Mättade fettsyror är stabilare än omättade. Konjugerad linolsyra (CLA) är en *trans*-fettsyra (McDonald *et al.*, 2002).



a) *Cis*-konfiguration



b) *Trans*-konfiguration

Figur 2. a) Naturlig *cis*-bindning. b) *Trans*-bindning bildas främst när omättade fettsyror utsätts för höga temperaturer samt vid industriell tillverkning. Den kan även skapas naturligt, bland annat i våmmen hos kor.

2.1.1 Linolsyra

Linolsyra är en essentiell omega-6 fettsyra som även kan betecknas C18:2, (figur 1). Mängden C18:2 i mjölkens fettsyror är oftast runt 2-3 % om fett inte tillförts fodret. Störst mängd C18:2 finns framförallt i sojabönor och solrosor. När C18:2 finns i fröet (bönan) sker en begränsad hydrogenering i våmmen, omättade fettsyror blir mättade, jämfört med om fettet utvunnits ur fröet och ges som olja. Höljet på fröet begränsar mikrobernas (mikroorganismer) åtkomst av fett (Chilliard & Ferlay, 2004).

2.1.2 α -linolensyra

α -linolensyra är en essentiell omega-3 fettsyra som även kan betecknas C18:3, (figur 1). Grönt gräs innehåller stora mängder C18:3, koncentrationen är som högst under våren. Det medför att C18:3 halten är högre även i mjölken under den perioden. Höga koncentrationer av C18:3 finns förutom i grönt gräs även i linfrö (Chilliard & Ferlay, 2004). I linfrö är 58 % av fettsyra-innehållet C18:3 (Spörndly, 2003).

2.1.3 CLA

CLA är en *trans*-fettsyra som produceras i våmmen av omättade fettsyror från fodret och den kan även syntetiseras i kornas vävnader (McDonald *et al.*, 2002). CLA består av ett flertal isomerer, den främsta är fettsyran *cis*-9, *trans*-11 18:2, vilken har visat sig förebygga vissa former av cancer. Mängden CLA i mjölken hos kor som utfodras med majsensilage är låg. Koncentrationen av CLA i mjölken ökar med tillgängligheten på grönt gräs samt även vid tillförsel av fett. Ett ungt gräs med hög C18:3 koncentration och lågt fiberinnehåll antas ge en ökad CLA produktion (Chilliard & Ferlay, 2004).

2.2 BALANSEN MELLAN OMEGA-6 OCH OMEGA-3

Simopoulos (2002) visade att kvoten mellan omega-6 och omega-3 koncentrationen under människans evolution har legat på en jämn nivå, ungefär 1/1. Idag äter befolkningen i västvärlden generellt för mycket omega-6 och för lite omega-3, vilket gör att förhållandet numera ligger på cirka 16/1. Genom att intaget av omega-6 ökat och omega-3 minskat har detta enligt studien resulterat i olika kroniska problem såsom: hjärt- och kärlsjukdomar, diabetes, cancer, övervikt, autoimmuna sjukdomar, reumatism, astma och depression. Utjämnas förhållandet mellan omega-6 och omega-3 kommer troligtvis de här diagnoserna minska. Den optimala kvoten mellan omega-6 och omega-3 koncentrationen har dock visat sig skilja mellan de ovan nämnda diagnoserna. Förhållandet ligger enligt Simopoulos (2002) mellan 1/1 och 4/1 på grund av att de kroniska sjukdomarna är månggenetiska och multifaktoriella. Kvoten mellan omega-6 och omega-3 halten är viktigt för att minska risken att insjukna enligt ovan.

2.3 MJÖLKFETTSYROR

Fetterna i mjölk består till 98 % av triacylglyceroler, 1 % fosfolipider, 0,5 % steroler och 0,5 % består av övriga föreningar. Kors mjölk innehåller ungefär 400 olika fettsyror. Mjölkfett har en stor andel korta, medellånga och mättade fettsyror och endast en liten andel långa, enkelomättade och fleromättade fettsyror. Det medför att koncentrationen av bland annat C18:2 och C18:3 är låg i mjölken, cirka 3 % respektive 1 %. Mjölakens fettsyror kommer delvis från fodrets långa fettsyror, mikrobiell syntes av fettsyror, från kroppslagrat fett, delvis från syntes av korta fettsyror och från mikrobiell nedbrytning av kolhydrater i våmmen (främst ättiksyra och smörsyra) (Kennelly, 1996).

Mjölakens fettsyror ändras beroende på vad kon äter (Chilliard & Ferlay, 2004). Enligt Kennelly (1996) kom ”Wisconsin Milk Marketing Board” fram till att mjölkfett bör innehålla mindre än 10 % fleromättade fettsyror, upp till 8 % mättade fettsyror och 82 % enkelomättade fettsyror. Normalt sett är det dock vanligt att upp till 70 % av fettsyrorerna i mjölken är mättade.

Ett lågt fiberinnehåll i fodret orsakar en ofullständig biohydrogenering vilket leder till mjölkfettdepression (Griinari *et al.*, 1998). Biohydrogenering är en process där mikroberna i våmmen mättar omättade fettsyror. Om de omättade fettsyrorerna däremot skyddas från biohydrogenering ändras inte fettsyrans sammansättning. En kraftig mjölkfettdepression förekom i en studie när ett foder med lågt fiberinnehåll och som innehöll omättat fett gavs till korna. När studien av Gonthier *et al.* (2005) började utfodra linfrö till korna försvann mjölkfettdepressionen. Det antogs bero på att *de novo*-syntesen av fettsyror minskade i samma takt som de fleromättade fettsyrorerna ökade.

När linfrön (*Linum usitatissimum*) tillförs minskar andelen korta, medellånga och mättade fettsyror medan andelen långa, enkelomättade och fleromättade fettsyror ökar. Det händer oavsett hur linet är behandlat; helt, krossat, uppvärmt (extruderat eller mikroniserat) eller valsat (Kennelly, 1996; Gonthier *et al.*, 2005; Bork *et al.*, 2010; Petit & Gagnon, 2011). Dessa ändringar är positiva ur näringsperspektiv och beror på att fettsyror till viss del är skyddade från biohydrogenering. Fördelen med fett som är skyddat från biohydrogenering i våmmen är att produktionen av *trans*-fettsyror försvinner (Kennelly, 1996). Kor utfodrade med linfrön fick en ökning av C18:3 i mjölken men i förhållande till dess intag är ökningen liten. Det beror på att en stor andel C18:3 fettsyror genomgår biohydrogenering (Gonthier *et al.*, 2005).

2.4 VÅMMENS FETTOMSÄTTNINGSMETABOLISM

Den naturliga foderstaten för idisslare utgörs till största delen av fibrer (neutral detergent fiber, NDF) som har en långsam nedbrytning i våmmen medan kolhydrater, till exempel socker och stärkelse, är snabbt nedbrytbara. Mikroberna bryter även ned koncentrationen av giftiga ämnen. I våmmen bryts hemicellulosa och cellulosa ned till korta fettsyror, så kallade flyktiga fettsyror (ättiksyra, propionsyra och smörsyra). Med hjälp av buffertämnen, såsom bikarbonat och fosfat (tillförs via saliven), hålls pH-värdet neutralt (5,5–6,5) i våmmen. Ett högt pH-värde påverkar oftast inte våmmen men ett lågt pH påverkar våmmen negativt. Grovfoder tuggas mycket vilket stimulerar ökad salivproduktion. Koldioxid bildas när bikarbonat buffrar vätejoner och korna rapar för att bli av med koldioxiden. De rapar även för att bli av med metan. Ökar salivproduktionen ökar även buffringen som stabiliserar pH-värdet, vilket bland annat gynnar fiberjäsningen. Fodernedbrytningen fortsätter sedan i tjocktarmen (McDonald *et al.*, 2002).

Bildas väte ökar koldioxid och metanavgång, förbrukas väte minskar de. Ökar produktionen av ättiksyra bildas väte medan propionsyra och smörsyra förbrukar väte. En fiberrik foderstat krävs för att fodersmältningen ska fungera. Tidigt skördat grovfoder bildar en högre halt propionsyra och en lägre halt ättiksyra än ett sent skördat grovfoder. Genom att tillföra koncentrat till grovfodret bildas mer propionat och mängden ättiksyra minskar. Fiberfattigt foder gör att mer smörsyra bildas vilket sänker våmmens pH-värde och medför sämre fibernedbrytning. Idisslare bildar ättiksyra vid nedbrytning av kolhydrater och propionsyra bildas av kraftfoder. En liten del av propionsyran blir till mjölksyra men större delen ombildas till glukos som i sin tur kan omvandlas till energi. Tack vare att propionsyran kan omvandlas till energi eftersträvas den mer än ättiksyra och smörsyra. Kor kan inte tillgodogöra sig energin i metanet vilket innebär att allt bildat metan är en energiförlust. Metanbildning är även en belastning på miljön (McDonald *et al.*, 2002). Däremot är metanbildningen nödvändig för att bli av med överskott av väte när ättiksyra bildas.

Bildande av metan:



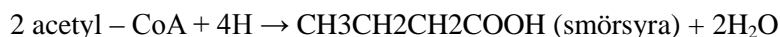
Bildande av ättiksyra:



Bildande av propionsyra:



Bildande av smörsyra:



(Moss *et al.*, 2000).

Idisslarnas foder innehåller normalt sett mindre än 5 % fett. Ökar fettnivån i fodret sjunker mikrobernas aktivitet då de inte kan hantera höga fettkoncentrationer i våmmen. Höga fettkoncentrationer påverkar fiberjäsningen och orsakar ett minskat foderintag. Mättade fettsyror påverkar våmjäsningen mindre än vad omättade fettsyror gör. Korta fettsyror absorberas direkt i våmmen till skillnad mot långa fettsyror. När långa omättade fettsyror når tunntarmen har de flesta blivit mättade. Det går att skydda fodrets fetter från angrepp i våmmen men de är fortfarande mottagliga för enzymatisk hydrolysering och absorption i tunntarmen. Innehåller de här fetterna omättade fettsyror kommer fettsyrorna i mjölken förbli omättade (McDonald *et al.*, 2002).

2.5 VALLFODRETS PÅVERKAN PÅ OMEGA-3 KONCENTRATIONEN

Arvidsson (2009) studerade fettsyra-koncentration och -sammansättning vid första och andra skörd av timotej (*Phleum pratense*) och ängssvingel (*Festuca pratensis*) i norra Sverige. Timotej och ängssvingel är två vanliga gräsarter i vallblandningar till idisslare i Sverige. Båda gräsarternas fettsyra-koncentration minskade allteftersom de mognade. Mognaden medförde en lägre andel C18:3 och en högre andel C18:2 samt mättade fettsyror.

Arvidsson (2009) undersökte hur fettsyrasammansättningen påverkades efter skörd samt hur fettsyra-koncentrationen påverkades beroende på skördetidpunkten för timotej. Efter skörden lämnades hälften kvar ute för att förtorka medan andra halvan ensilerades direkt. Det blev ingen större skillnad på fettsyrasammansättningen mellan ensileringsmetoderna. Koncentrationen av fettsyror var som högst tidigt på säsongen när gräset var i bladstadium och torrsubstans (TS) avkastning per hektar var låg. Vid normal skördetidpunkt var den totala fettsyra-koncentrationen endast 50-60 % mot tidig skörd.

Gräsensilage av timotej och ängssvingel som innehöll snarlika värden gällande energi och NDF koncentration samt jäsningsegenskaper studerades också. Trots att gräsensilaget kom från samma område och var av samma sort skiljde sig fettsyrainnehållet åt i mjölken. Det gör att det inte är möjligt att analysera grovfodret för att förutsäga fettsyrasammansättningen i mjölken. Den totala mängden fettsyror var lika mellan timotej och ängssvingel men fettsyrasammansättningen skiljde sig mellan gräsen. Timotej innehöll högre koncentrationer av stearinsyra (C18:0) och C18:2 medan ängssvingel hade högre koncentrationer av palmitinsyra (C16:0), oljesyra (C18:1) och C18:3. I Sverige odlas ofta dessa två gräs i en mix tillsammans med rödklöver. När ett ensilage av timotej innehållande rödklöver gavs (40/60 på TS basis) ökade koncentrationen av C18:0 och det blev lika eller högre koncentrationer av C18:2 medan det blev lika eller lägre koncentrationer av C18:1 och C18:3 i fodret jämfört med när enbart timotej gavs. Trots att C18:3 koncentrationen var låg i ensilaget med timotej och rödklöver hade fodret högst koncentration av C18:3 i mjölken, även CLA var högre i mjölken jämfört med ensilage av enbart timotej eller ängssvingel. Det förklarades genom att ett enzym i rödklöver gav lägre koncentration av fria fettsyror i ensilaget vilket i sin tur gör att biohydrogenering i våmmen kan minska. Genom en högre kvävegödsling ökade koncentrationen av råprotein vilket även gav högre fettsyra-koncentrationer i ensilaget. Däremot påverkades inte koncentrationen av C18:3 och protein i mjölken (Arvidsson, 2009).

Petersen *et al.* (2011) studerade hur koncentrationerna av omega-3 och omega-6 ändrades i mjölken när kor i Danmark utfodrades med en mix av örter från låglandet i jämförelse med en blandning av färskt klövergräs och rajgräs samt en foderblandning baserat på ensilage och koncentrat. Örtmixen hade samma fettsyrainnehåll som klöverblandningen medan ensilaget gav ett högre fettsyraintag. Alla kor utfodrades med lika stor andel omega-3 medan omega-6 var flera gånger högre i ensilaget. I mjölken var det dock högst koncentration av omega-3 och omega-6 från kor utfodrade med örtmixen. Omega-3 fördubblades under de två veckor som korna utfodrades med örtmixen. En ökad överföringseffektivitet från foder till mjölk vid utfodring med örtmixen gjorde att koncentrationen av både omega-3 och omega-6 ökade.

2.5.1 Foder baserade på torkat gräs samt gräsensilage i jämförelse med majsensilage

Dang Van *et al.* (2011) studerade kor där alla fick extruderade linfrön medan grovfodergivorna skiftade. De fick antingen ett foder baserat på majsensilage, torkat gräs eller en mix av dem. Utfodring med torkat gräs gav ett högre TS-intag jämfört med majsensilage. Det ökade TS-intaget ökade intaget av näringsämnen, speciellt C18 fettsyror. Det kan ha gett högre koncentration och avkastning av den totala halten C18 fettsyror i mjölken. Mjölkvastningen var lägre hos kor utfodrade med torkat gräs. Fetthalten i mjölken skiljde

inte mellan de olika fodren. Det blev en lägre överföringseffektivitet av C18:2 och C18:3 från foder till mjölk vid utfodring med torkat gräs jämfört med majsensilage vilket ledde till att foderintaget av C18 fettsyror inte påverkade vad som kom ut i mjölken. Även Gonthier *et al.* (2005) hade uppmärksammat att överföringseffektiviteten av fettsyror från foder till mjölk var låg. De hade även sett att överföringseffektiviteten minskade vartefter graden av omättnaden av fettsyror ökade. Utfodring med torkat gräs gav mer CLA än majsensilage, vilket antogs bero på att intaget av C18:3 ökade och inte på fodret i sig.

I studien av Kliem *et al.* (2008) utfodrades grovfoder som bestod av gräsensilage, majsensilage eller en blandning av dem. När majsensilage tillfördes ökade TS-intaget av organisk substans (OM), råprotein och C18:2 samtidigt som intaget av C16:0, C18:0 och C18:3 minskade. Den dagliga mjölkavkastningen ökade vid utfodring med majsensilage. Mjölken fick en ökning av andelen *trans*-isomerer, CLA och C18:2 medan C18:3 minskade. Fettsyraintaget minskade men mjölkfettkoncentrationen påverkades inte. När majsensilagegivan ökade höjdes även mjölkprotein och laktoskoncentrationen. Utfodring med majsensilage ökade dock kvoten mellan omega-6 och omega-3 koncentrationen.

2.6 SKILLNAD MELLAN OLIKA PRODUKTIONSSYSTEM

Slots *et al.* (2009) studerade skillnader på mjölk när kor hölls i olika produktionssystem. Studien gjordes på konventionella och ekologiska besättningar i Danmark och på extensiva besättningar i Storbritannien (gick på bete större delen av året). De extensiva besättningarna utfodrades endast med kraftfoder när de stod inne. Att tänka på är att Danmark till skillnad från Sverige inte har kor på bete i konventionell produktion.

Vid jämförelse med konventionella besättningar hade de ekologiska besättningarna högre koncentration C18:3 och fleromättade fettsyror i mjölken medan de hade lägre koncentration C18:2 och enkelomättade fettsyror. Dock hade de konventionella besättningarna 16 % högre mjölkavkastning.

När de ekologiska och konventionella besättningarna jämfördes med de extensiva visade det sig att de extensiva besättningarna gav högre koncentration av CLA, enkelomättade fettsyror, fett och antioxidanter i mjölken medan andelen mättade fettsyror och mjölkavkastning var lägre. I förhållande till de ekologiska besättningarna hade de extensiva en lägre koncentration av C18:2 men det var ingen skillnad på C18:3. Detta innebär att de extensiva besättningarna hade ett mer gynnsamt förhållande mellan omega-6 och omega-3 koncentrationen.

Fall & Emanuelsson (2011) studerade skillnaden mellan konventionella och ekologiska besättningar i Sverige vad gäller fettsyrasammansättningen i mjölk under perioden december till februari. Mjolkprover togs från besättningarnas mjölk tank. De ekologiska besättningarna hade en lägre kvot mellan omega-6 och omega-3 koncentrationen. Studien visade att fettsyrasammansättningen påverkades av förhållandet mellan grovfoder och koncentrat. Det syntes inte några effekter av hur länge korna hade gått på bete. Det antogs bero på att försöket gjordes lång tid efter betesperioden. Kvoten mellan omega-6 och omega-3 koncentrationen var för de ekologiska besättningarna 1,9/1 och för de konventionella besättningarna 2,2/1. En trolig förklaring till att det var så små skillnader mellan de ekologiska och konventionella besättningarna i studien, är att de flesta kor i Sverige äter ett grovfoderbaserat foder med gräs/klöver ensilage. Det gör att andelen grovfoder och koncentrat är förhållandevis lika mellan ekologiska och konventionella besättningar. Dock är majsensilage vanligare att utfodra konventionella besättningar med i södra Sverige, vilket ger en annan fettsyrasammansättning. Det fanns ingen rasskillnad som kan ha påverkat variationen i mjölkproverna. CLA halten var dock betydligt högre för de ekologiska besättningarna.

3. ODLING AV LINFRÖ

3.1 LINFRÖODLING I SVERIGE

Det finns två varianter av linfrö, vilka är oljelin och spånadslin. Oljelinet är det som föredras då den ger större fröskörd. Det på grund av att den är mer förgrenad och har större blom- och stjälkblad. Efter andra världskriget och fram till 1953 fanns ett statligt stöd för linodling, vilket gjorde att stora mängder odlades (upp till 50 000 hektar). Vid avvecklingen av det statliga stödet upphörde nästan all linodling, hushållningssällskapet försökte 1986 få igång odlingen igen. Under 1990-talet blev linolja populärt, ett EU-baserat stödsystem gynnade odlandet och när Sverige gick med i EU 1995 gjorde det att fler började odla oljelin. I Sverige exporterades år 1999 80 % av det odlade linet till andra EU länder. Självförsörjningsgraden inom EU var då 20-25 %, de största producenterna var England, Tyskland, Spanien och Sverige (Lundin & Larsson, 2000).

I Sverige skördas linet från början av september till början av oktober (Lundin & Larsson, 2000). Linet skördas när en tredjedel av bladen har lossnat från strået (Hälsinglands linförening, 2011). Det är komplicerat att skörda lin på grund av att stjälken lätt trasslar in sig i inmatningsskruben samt inmatningselevatoren i skördetröskan. Under gynnsamma förhållanden var det fram till år 2000 mer lönsamt att odla lin än spannmålsprodukter (Lundin & Larsson, 2000). Agenda 2000 bestämde att utbetalningen för oljelin skulle sänkas och vara på samma nivå som spannmål till år 2002 (CAP, 1997). När arealstödet försvann minskade antalet linodlare men priset för oljelin har ökat de senaste åren vilket gjort att fler har börjat odla lin igen (Gunnarson, 2011).

Under åren 1994 till 1999 odlades i genomsnitt 12 000 hektar oljelin per år i Sverige (Eckersten *et al.*, 2008). Sista året med EU stödet (1999) odlades 35 000 hektar (Larsson, 2000). Åren därefter minskade oljelinodlingen snabbt. År 2001 hade odlingen minskat med 87 % sedan 1999. (Jordbruksverket, 2001). Oljelin odlades 2008 på 3 534 hektar och 2009 odlades det på 9 954 hektar. Trots att den totala linodlingen har ökat de senaste åren så har den ekologiska odlingen minskat. Mellan 2005 och 2009 minskade odlingen från 470 till 110 hektar (Jordbruksstatistik, 2010).

Genom att ha en viss växtföljd kan många problem med sjukdomar, skadedjur och ogräs undvikas. Lin kan drabbas av bomullsmögel och bör därför inte odlas för nära andra grödor som lätt drabbas av det, som raps och ärtor. Det är bra att odla lin i en växtföljd med stråsäd. För att minska riskerna för problem bör linfrö inte odlas oftare än vart 6-8 år. Slåttervall, havre och potatis är bra att odla före lin (Hälsinglands linförening, 2011) medan vete är bra att odla efter (Jordbruksverket, 2011a).

3.2 ODLING OCH SKÖRD AV LIN

Vid linodling är det bra att tillföra marken extra växtnäring, men vilka beror på marktillståndet. Lämplig växtnäring är kväve, fosfor och kalium (Jordbruksverket, 2011b). Lin har ett förhållandevis lågt kvävebehov och är känslig för markpackning (Jordbruksverket, 2011c). Försök som gjordes 2010 i Sverige visade att kväve ska ges vid sådd för att ge rikligare skörd och tidigare mognad (Gunnarson, 2011).

Det finns många metoder för att bekämpa ogräs mekaniskt. Det kan vara bra att kombinera växtskyddsmedel med mekanisk bearbetning. Ogräs konkurrerar lätt ut lin. För att bli av med ogräs är det bäst att använda sig av en omväxlande växtföljd, konkurrensstarka grödor, god växtnäringsförsörjning samt att använda sig av dränering eller kalkning (Jordbruksverket,

2011d). Förebyggande åtgärder och mekanisk bearbetning fungerar inte alltid utan det kan bli nödvändigt att bekämpa ogräsen kemiskt. Användning av kemiska bekämpningsmedel kan ge både för- och nackdelar (Jordbruksverket, 2011e). När skördetidpunkten för lin närmar sig går det att påskynda mognaden genom att använda bladdödningsmedel. Beroende på vilket medel som används måste skörden ske inom en till två veckor (Lundin & Larsson, 2000).

3.3 LINFRÖET

Linfröet är en tvåhjärtbladig växt. Det yttersta lagret på linfröet, epidermet, är ett växtslemlager bestående av vattenlösliga kolhydrater. Det är ovanligt och ingen annan av våra vanliga växter har det. Därefter kommer det riktiga skalet, spermodermet. Det är fyra hårda och fibrösa cellskikt som innehåller lite eller ingen olja respektive protein. Tätt ihop med spermodermet finns endospermet, frövitän, som innehåller en del olja och protein. De två hjärtbladen, kotyledonerna, utgör mer än hälften av fröets vikt och där finns större delen av oljan och proteinet. Oljan lagras i form av mikroskopiska droppar, oleosomer, i cellerna. Proteinerna utgör kvävereservoarer och finns i separata aleuronceller (Olsson *et al.*, 1988).

4 MILJÖPÅVERKAN VID ODLING AV SOJABÖNA OCH OLJEPALM

De flesta kommersiella färdigfoder och koncentrat som används i Sverige idag innehåller soja- och palmolja som fraktas lång väg, istället för att utfodra med närproducerat foder, till exempel linfrö. Tidigare i arbetet beskrivs linfröodlingen i Sverige. Här kommer nu en kortfattad information om odling av sojaböna och oljepalm.

4.1 SOJAODLING

Informationen om sojaodling baseras på Emanuelson *et al.* (2006), Sampaio *et al.* (2007), Steinfeld *et al.* (2007), Everitt *et al.* (2008) och Swedwatch (2010) och det går att läsa mer i detalj om sojaodling i de olika rapporterna. Soja som används i Sverige odlas framförallt i Brasilien. Sojamjöl är tillsammans med palmkärnexpeller det fodermedel som i störst mängd importeras och transporteras till Sverige från andra kontinenter. Transport av sojamjöl från Brasilien till en mjölkobesättning i Sverige ger en energiåtgång på ungefär 2,9–4,0 MJ per kg foder. Under 2002 kom sojaodlingen igång på allvar. Endast en liten del av den skog som avverkas går direkt till sojaodling men indirekt gör den det då sojaodlingarna ökar i storlek och trycker undan boskapen. Det gör att ny skog skövlas för att få foder till boskapen. Regnskogen fungerar som en kolsänka genom att den binder kol i marken. Vid avverkning släpps stora mängder koldioxid ut. Avverkning bidrar även till den globala uppvärmningen. Tio procent av sojan från skörden 2008/09 var odlad på nyskövlat mark i brasilianska Amazonas. Även bränning av marken bidrar till stora växthusgasutsläpp vilket försämrar jordarten samt att djur- och växtarter försvinner. Efter en tid är marken utarmad vilket gör att det inte går att odla soja och ny mark måste tas fram. Vid sojaodling används stora mängder bekämpningsmedel. En stor del av den avverkade skogen finns i skyddade områden. Det visar att skogsskyddet, som många länder i världen betalar för, inte fungerar.

4.2 OLJEPALMODLING

Informationen om oljepalmodling baseras på Emanuelson *et al.* (2006), Basiron (2007), Fitzherbert *et al.* (2008), Reijnders (2008) och Tan *et al.* (2009) och det går att läsa mer i detalj om oljepalmodlingen i de olika rapporterna. Oljepalm odlas framförallt i Malaysia och Indonesien. Palmkärnexpeller (en restprodukt efter utvinning av palmkärnolja) är tillsammans med sojamjöl det fodermedel som i störst mängd importeras och transporteras till Sverige från andra kontinenter. Transport av palmkärnexpeller från Sydostasien till en mjölkobesättning i Sverige ger en energiåtgång på 4,1–4,2 MJ per kg foder. Oljepalmproduktionen har utvecklats snabbt de senaste 50 åren. Det skulle kunna vara en hållbar produkt, men bättre regler samt förståelse för miljön behövs. Idag odlas oljepalm framförallt på regnskogsmarker men även där jordbruksgrödor tidigare odlats samt på torvmark. De flesta grödor kan inte leva på torvmark vilket gör marken lämplig för oljepalmodling. Dock ger virke från regnskogen en bra inkomst vilket gör att skogar istället ofta avverkas. En nackdel med torvmarker är att de släpper ut stora mängder koldioxid vid kontakt med luft. Några studier visar att oljepalmodlingar är dåligt för kolets kretslopp i jämförelse med regnskogar medan andra studier visar att de kan vara effektivare än regnskogarna som kolsänka då de absorberar mer koldioxid. Oljepalmen drabbas knappt av sjukdomar vilket gör att de inte behöver besprutas lika mycket som många andra växter. Oljepalm har en effektiv energibalans vilket leder till minskade utsläpp av föroreningar.

5. UTFODRING AV LINFRÖ

5.1 UTFODRING AV FETT TILL KOR

Genom att utfodra med oljekraftfoder till kor kan fettsyrasammansättningen ändras i mjölken, som beskrivits tidigare. Beroende på vilken oljeväxt som tillförs innehåller oljekraftfodret olika fettsyrakoncentrationer (Spörndly, 2003) men i det totala fettintaget ses ingen skillnad. Korna fick i sig mellan 484 och 868 g fett per dag oberoende av vilket oljekraftfoder som gavs. Tillförsel av fett gav oftast en ökning av andelen långa fettsyror samtidigt som andelen korta och medellånga fettsyror minskade i mjölken. Linfröfettsyror från hela frön tenderade att ha en mer fullständig hydrogenering än fettsyror från behandlade linfrön. Foder som inte hade någon tillförsel av oljor hade en låg andel C18 (35 %). Vid tillförsel av oljekraftfoder ökade andelen C18 (45–59 %). Medelvärdet var lika mellan oljekraftfodren. Ökningen av C18:3 i mjölkens fettkoncentration var begränsad om inte fetttillskottet var våmskyddat (Glasser *et al.*, 2008).

Antinutritionella ämnen hindrar utnyttjandet av näring i födan. Linfrö innehåller den cyanogena glykosiden, linamarin (Livsmedelsverket, 2010) vilket gör det farligt att utfodra med linfrö (Spörndly, 2000). Vätecyanid (dödligt gift) bildas vid nedbrytning av cyanogena glykosider (Livsmedelsverket, 2010). Det krävs fukt för att nedbrytningen ska inträffa men om linet kokas i 10 min eller blötläggs i varmt vatten inaktiveras enzymet vilket gör att den cyanogena glykosiden inte bryts ned till vätecyanid. Andelen cyanogena glykosider kan variera beroende på mognadsstadium, utdragen blomning samt ojämn mognad, genetiska skillnader, miljömässiga förhållanden och samspel mellan genotyp och miljö. Mogna linfrön innehåller inga eller bara ett fåtal cyanogena glykosider (Olsson *et al.*, 1988). Har linfröskörden varit ojämnt mogen eller om det varit dåliga skördeförhållanden kan det vara bra att analysera koncentrationen av cyanid (Spörndly, 2000). Gränsvärdet för cyanväte är 250 mg/kg beräknat på 12 % vattenhalt (Jordbruksverket, 2010).

5.2 LINFRÖ I VÅMMEN

När lin tillfördes foderstaten minskade smältbarheten av svårnedbrytbara fibrer (acid detergent fiber, ADF) såsom cellulosa och lignin, i våmmen. En anledning till minskningen är att mängden ättiksyra minskade och propionat ökade i våmmen, vilket utjämnade förhållandet mellan dem (Gonthier *et al.*, 2004). Genom att utfodra med krossade solrosfrön eller krossade rapsfrön minskade det totala antalet protozoer (encelliga djur) signifikant medan det vid utfodring med krossade linfrön endast var en tendens till minskat antal protozoer (Beauchemin *et al.*, 2009). Den totala fettsyranedbrytningen var högre för kor som utfodrades med linfrö beräknat i kg per dag i jämförelse med andra oljekraftfoder medan nedbrytningen av fettsyror inte påverkades vid utfodring av TS, OM, NDF och ADF (Gonthier *et al.*, 2004). Martin *et al.* (2008) kom fram till att tillförsel av (5,7 %) linfröfetter sänkte OM smältbarheten. Studien drog slutsatsen från sin och andras studier att andelen tillförda fetter och hur de framställdes (olja respektive frö) var huvudfaktorerna som påverkade nedbrytningen av linfröets fettsyror. De trodde att den negativa effekten vid fettnedbrytningen var större vid utfodring av lin tillsammans med majsensilage jämfört med hö. Enligt studien av Martin *et al.* (2008) är den allmänna teorin att oljan i frön ger ett delvis skydd mot mikrobiella angrepp och/eller begränsar effekten av oljan på våmmens mikrober. Dock tyder studien på att linfröets skal inte hindrade fettsyror att släppas ut i våmmen, eftersom det inte blev någon skillnad mellan linolja, hela och extruderade linfrön.

Intaget av råprotein påverkades inte av lintillförseln (Gonthier *et al.*, 2004; Petit *et al.*, 2004). Gonthier *et al.* (2004) drog slutsatserna att näringsutnyttjandet förbättrades och att det inte blev några negativa effekter på våmjäsningen när lin tillfördes foderstaten.

Det var ingen skillnad i fettnedbrytningen mellan hela linfrön, extruderade linfrön och linolja när de tillfördes till majsensilage eller hö. Nedbrytningen av stärkelse skiljde inte mellan de olika bearbetningarna av linfrö men ADF innehållet var lägre för hela och extruderade linfrön (Martin *et al.*, 2008). Utfodring av krossade eller värmebehandlade linfrön (upp till 12,7 % av fodrets TS) visade ingen negativ effekt på intag, våmjäsning eller näringsutnyttjande hos kor i sen laktation. Vid extrudering av linfrön ökade den totala nedbrytningen av näringsämnen men våmmens fibernedbrytning påverkades inte. Mikroniserade linfrön kan tillföras foderstaten för att öka innehållet av icke nedbrytbart protein. Vid en jämförelse mellan hela och värmebehandlade linfrön syntes ingen skillnad i nedbrytningen av den totala bruttoenergin (Gonthier *et al.*, 2004).

5.3 LINFRÖETS PÅVERKAN PÅ FRUKTSAMHETEN

Vid lintillförsel har positiva effekter på kors fertilitet visats, vilket kan tyda på att kornas hälsa förbättras. Peters & Pursely (2003) kom fram till att kor som vid ägglossning har större folliklar även har en högre fertilitet. Kor utfodrade med linfrön hade större folliklar, det medförde att studien av Ambrose *et al.* (2006) antog att utfodring med linfrö förbättrade dräktighetsprocenten vilket även Zachut *et al.* (2008) höll med om. Kor som utfodrades med linfrö hade en högre andel fullföljda dräktigheter (Ambrose *et al.*, 2006). Däremot har en studie av Zachut *et al.* (2008) påvisat att kor utfodrade med våmskyddade fettsyror hade en längre period från kalvning till de fick en positiv energibalans. Stora mängder omättade fettsyror i foderstaten visade sig även ge mer hull innan brunst. När det var tid för inseminering hade kor utfodrade med lin högre progesteronkoncentration (Ambrose *et al.*, 2006). Det var inte någon skillnad på antalet dagar till första och andra insemineringen efter kalvning, dräktighet per inseminering efter första och andra insemineringen eller dräktighetsförluster när Bork *et al.* (2010) utfodrade med valsade linfrön.

Hos kor utfodrade med ett linfröfoder var frisättningen av prostaglandiner lägre och kvoten mellan omega-6 och omega-3 minskade i mjölken. Ett foder som gör att kvoten mellan omega-6 och omega-3 minskar i mjölk kan bidra till en förbättrad dräktighetsprocent samt att gulkroppens (corpus luteum) storlek (diameter) ökar (Petit *et al.*, 2002).

5.4 HUR LINFRÖ PÅVERKAR MJÖLKENS KVALITET I JÄMFÖRELSE MED ANDRA OLJEVÄXTER

Tillförsel av linfrö ökade andelen C18:3 i mjölken, oavsett om linet gavs som hela frön, i olja eller som extruderade (Chilliard & Ferlay, 2004; Fuentes *et al.*, 2008). Även andelen CLA ökade vid lintillförsel (Fuentes *et al.*, 2008). Tillförsel av soja och solrosfrön ökade istället andelen C18:2 i mjölken (Chilliard & Ferlay, 2004; Fuentes *et al.*, 2008). Kvoten mellan omega-6 och omega-3 koncentrationen var lägre vid utfodring med lin jämfört med solrosor och soja (Petit *et al.*, 2004; Fuentes *et al.*, 2008).

Hur lin påverkar mjölkavkastningen har tidigare studier haft olika åsikter om. Giger-Reverdin *et al.* (2003) fick en högre mjölkavkastning när kor utfodrades med en stor andel C18:2. Petit *et al.* (2004) fick istället en högre mjölk-, fett-, protein- och laktosavkastning när kor utfodrades med linfrön (C18:3) jämfört med solrosfrön (C18:2). Proteininnehållet ökade även för Fuentes *et al.* (2008) vid utfodring med lin. Studien av Beauchemin *et al.* (2009) fick inte någon skillnad vad gäller mjölkavkastning, mjölkeffektivitet, samt avkastning och

koncentrationer av fett, protein och laktos när krossade solrosfrön, linfrön eller raps (C18:1) testades. Inte heller Fuentes *et al.* (2008) fick någon påverkan på mjölkavkastningen när de jämförde linfrö med soja (C18:2). Kor utfodrade med linfrö hade dock lägre mängd fettkorrigerad mjölk (FCM). Det beror troligtvis på att extruderat linfrö är mer tillgängligt i vämnen och därför sänker fettkoncentrationen.

Petit *et al.* (2004) undersökte kväveintaget och kvävekoncentrationen i mjölken, där intaget av kväve per dag var lika mellan de olika fodren. Trots det hade kor utfodrade med linfrö en högre mängd (g/dag) kväve i mjölken, vilket delvis berodde på att de hade högre mjölkavkastning.

5.5 HUR BEARBETADE LINFRÖN PÅVERKAR MJÖLKENS KVALITET

5.5.1 Hur linfrön bearbetas

Där hela linfrön beskrivs i artiklarna avses de vara oprocessade.

Krossning så väl som valsning kan göras med en valskvarn. Det är viktigt att linfröets skal spräcks vid både krossning och valsning (Beauchemin *et al.*, 2009; Oba *et al.*, 2009). Med andra ord är det antagligen inte någon skillnad mellan dessa bearbetningar.

Linfrön kan värmebehandlas genom antingen extrudering eller mikronisering. Vid extrudering kokas fröna under tryck, med fukt och förhöjd temperatur. Extrudering förhindrar även linets hämmande substans. Genom att värmebehandla minskar de näringshämmande faktorerna i linet. Nedbrytningen av antinutritionella ämnen i fodret minskar och proteinet kan lättare tillvaras när linet under kort tid upphettas i hög temperatur. Tack vare att oljans celler brister blir oljan mer tillgänglig för korna. Extrudering kan göras på två sätt, antingen med torr eller med våt extrudering. I torr extrudering kan hela linfrön användas, genom att linet krossas under extruderingsprocessen. Krossning kan öka den biologiska tillgängligheten i och med att cellväggen bryts, vilket frigör oljan. I våt extrudering krossas ofta linet innan extruderingsprocessen (Riaz, 2005).

Det finns konventionella produkter som består av 70 % extruderat linfrö och 30 % vete. Linet mals ned och blandas med vete och extruderas. Temperatur och tid skiljer mellan olika extruderingsmetoder. Gonthier *et al.* (2004) och Martin *et al.* (2008) har använt två olika metoder och mer om dem kan läsas i respektive artikel. Mikronisering görs på samma sätt som extrudering (Gonthier *et al.*, 2004).

5.5.2 Foderintag

När linfrö tillfördes foderstaten ökade det totala fettsyrainnehållet i fodret från 3,5 % till 7,2 % av totala TS-intaget, även andelen NDF och ADF var högre hos kor utfodrade med linfrö (Gonthier *et al.*, 2004). Kor utfodrade med hela och valsade linfrön hade ett liknande TS-intag som kor utfodrade utan lin medan TS-intaget var lägre vid utfodring med linolja, krossade och extruderade linfrön enligt Martin *et al.* (2008), Chilliard *et al.* (2009), Oba *et al.* (2009) och Petit & Côrtes (2010). Däremot blev det inte någon påverkan för Gonthier *et al.* (2005) och da Silva *et al.* (2007) vid utfodring med linolja, krossade och extruderade linfrön. Martin *et al.* (2008) fick ett lägre TS-intag vid utfodring med majsensilage än hö och antog därför att det lägre TS-intaget för extruderade linfrön och linolja i huvudsak berodde på att de åt mindre majsensilage. Lägre TS gav även ett lägre bruttoenergiintag (Martin *et al.*, 2008). Kennelly (1996) föreslog att tillförsel av fett till idisslares foder i form av oljefröer hade mindre skadliga effekter på TS-intaget än om samma mängd gavs som fri olja. Utfodring med hela linfrön gav, till skillnad från extruderade linfrön och linolja, ingen negativ effekt på TS-intag,

mjölkavkastning, fettinnehåll och 4 % FCM (Martin *et al.*, 2008). Intaget av fett, protein och laktos skiljde inte mellan fodergivorna (Gonthier *et al.*, 2005; Martin *et al.*, 2008; Chilliard *et al.*, 2009).

5.5.3 Mjölkavkastning

Mjölkavkastningen varierar beroende på hur linfröet bearbetats och mellan olika studier. Studierna har jämfört olika bearbetningar, dels mellan varandra och dels med andra proteinkällor. I en studie av da Silva *et al.* (2007) tenderade mjölkavkastningen att vara högre vid utfodring med krossade linfrön jämfört med hela linfrön. Andra studier visade inte någon påverkan på mjölkavkastningen vid utfodring med hela, krossade och valsade linfrön samt linfröskal (Martin *et al.*, 2008; Chilliard *et al.*, 2009; Oba *et al.*, 2009; Bork *et al.*, 2010; Petit & Côrtes, 2010 och Petit & Gagnon, 2011). Det finns även studier som fått en minskad mjölkavkastning vid utfodring med linolja, krossade, extruderade och mikroniserade linfrön (Gonthier *et al.*, 2005; Martin *et al.*, 2008; Chilliard *et al.*, 2009). En minskning av mjölkavkastningen antogs bero på att TS-intaget och nedbrytbarheten av fibrer var lägre, vilket i sin tur berodde på ett högt oljeintag (Martin *et al.*, 2008; Chilliard *et al.*, 2009). Notera att en lägre mjölkavkastning påverkar ekonomin negativt vilket är dåligt för lantbrukaren. Därför är det viktigt att inte ge ett för högt oljeintag så att mjölkavkastningen minskar. Petit & Côrtes (2010) drog slutsatsen från sin och andras resultat att utfodring med linfrön inte hade någon fördelaktig effekt på mjölkavkastningen om linfrökoncentrationen var lägre än 75 g/kg TS. Skillnaderna i energikorrigerad mjölk (ECM) var jämförbara med de för mjölkavkastningen (Gonthier *et al.*, 2005).

5.5.4 Mjölksammansättning

Det är betydligt lättare att ändra mjölkens sammansättning av fett vid utfodring med oljefröer som är skyddade från biohydrogeneringen i våmmen jämfört med hela eller valsade. Runt fett droppen i oljeväxterna finns proteinets matrix, när denna blir denaturerad skyddas fett från biohydrogeneringen. Det sker framförallt när oljeväxterna värmebehandlas (Kennelly, 1996). Att det inte blev någon negativ effekt vid utfodring med hela linfrön berodde antagligen på att de inte frisatte fettsyror i våmvätskan lika fort som extruderade linfrön och linolja. Det gjorde att våmfunktionen inte blev störd (Martin *et al.*, 2008; Chilliard *et al.*, 2009). Oba *et al.* (2009) kom fram till att de omättade fettsyror i valsade linfrön tenderade att bli mer biohydrogenerade än omättade fettsyror i hela linfrön. Fettsyror som fanns i hela linfrön verkade vara lika eller till och med mer effektivt nedbrutna än extruderade linfrön och linolja (Chilliard *et al.*, 2009). Vid utfodring med hela linfrön syntes de senare i avföringen utan synliga skador. Trots det verkade korna tillgodogöra sig fettsyror i linfröet (Oba *et al.*, 2009).

Chilliard *et al.* (2009) jämförde mjölkens sammansättning hos kor som utfodrats med linolja, hela och extruderade linfrön med kor som utfodrats utan lin. Utfodring med linolja gjorde att det blev en minskning av mättade fettsyror och en ökning av omättade fettsyror. Tillförseln av linolja hade ingen påverkan på CLA men beräknades sänka utsöndringen av korta och medellånga fettsyror, andelen C18:3 minskade något medan C18:1 ökade. När hela linfrön tillfördes minskade andelen korta och medellånga fettsyror medan det inte blev någon ändring av andelen udda och grenade fettsyror. Vid utfodring med extruderade linfrön ökade C18:3 halten i mjölken, men i övrigt var värdena liknande linoljans eller hela linfrön. Värdena berodde antagligen på att extrudering ökade graden av olja som frisläpptes från fröet i våmvätskan jämfört med vad hela linfrön gjorde (Chilliard *et al.*, 2009), som nämndes i stycket ovan.

Côrtés *et al.* (2011) studerade skillnaderna mellan kalciumsalter av linolja och hela linfrön och jämförde dem med foder utan lin. Alla fodren gav höga C18:2 koncentrationer. Fodren med lin gav en jämn C18:3 koncentration och korna tenderade att ha högre C18:3 i mjölken. Andra studier fick signifikant högre C18:3 koncentration i mjölken vid utfodring med linfrön (Oba *et al.*, 2009; Bork *et al.*, 2010 och Petit & Côrtés, 2010). Enligt Gonthier *et al.* (2005) kan lin höja mjölkens sammansättning av C18:3 med 193 % och CLA med 51 %. Höjningen var signifikant högre när linfrön krossades än när de var värmebehandlade, vilket Glasser *et al.* (2008) höll med om. Den dagliga utsöndringen av C18:3 i mjölk ökade från 3,5 till 8,3 g/dag när lin tillfördes foderstaten (Gonthier *et al.*, 2005). Oba *et al.* (2009) fick ingen skillnad i C18:3 koncentrationen mellan hela och valsade linfrön medan da Silva *et al.* (2007) och Petit & Côrtés (2010) fick en högre C18:3 koncentration vid utfodring med krossade linfrön jämfört med hela. Tillförsel av lin reducerade kvoten mellan omega-6 och omega-3 koncentrationen (Fuentes *et al.*, 2008; Bork *et al.*, 2010; Petit & Côrtés, 2010; Petit & Gagnon, 2011).

5.5.4.1 Fett, protein och laktossammansättningen i mjölken

Det var ingen skillnad på fettavkastningen när Gonthier *et al.* (2005) utfodrade med krossade och mikroniserade linfrön, i jämförelse med foder utan lin, medan den minskade vid utfodring med extruderade linfrön. Chilliard *et al.* (2009) fick även de en minskning av fettavkastningen vid utfodring med extruderade linfrön samt med linolja. Det blev inte någon påverkan på fettavkastning i mjölken vid utfodring med krossade, valsade och hela linfrön samt linfröskal (Bork *et al.*, 2010; Petit & Côrtés, 2010 och Petit & Gagnon, 2011). Studierna av Martin *et al.* (2008) och Chilliard *et al.* (2009) antog att minskningen av mjölkens fetthinnehåll berodde på att TS-intaget och nedbrytbarheten av fibrer var lågt, vilket berodde på ett högt oljeintag. Gonthier *et al.* (2005) utfodrade alla kor med lika mycket fett men i mjölkens sammansättning hade kor utfodrade med krossade linfrön högst andel mjölkfett, 4,02 %, medan extruderade linfrön hade lägst, 3,56 %. De kom fram till att om extruderade linfrön ges till 12,6 % TS i foderstaten, i sen laktation, blir det negativa effekter på mjölkens fetthinnehåll. Studien av Martin *et al.* (2008) diskuterade om nedbrytningen av fetter var lägre vid utfodring med majsensilage än hö.

Proteinavkastningen i mjölken påverkades inte vid utfodring av krossade, valsade och hela linfrön samt linfröskal enligt studierna av Bork *et al.* (2010), Petit & Côrtés (2010) och Petit & Gagnon (2011) däremot minskade proteinavkastningen signifikant för Gonthier *et al.* (2005) och Chilliard *et al.* (2009) vid utfodring med linolja, krossade och värmebehandlade linfrön.

Laktosavkastningen i mjölken var lägre för kor som utfodrades med extruderade linfrön och linolja än för kor som inte utfodrades med linfrön (Chilliard *et al.*, 2009). Däremot fick inte Gonthier *et al.* (2005) någon påverkan när värmebehandlade linfrön tillfördes och inte heller med krossade linfrön. Laktosavkastningen ökade dock i en studie av Petit & Côrtés (2010) vid utfodring med hela och krossade linfrön.

5.5.5 Extrudering och mikronisering

Två vanliga värmebehandlingar är extrudering och mikronisering. När linfrön extruderas minskar NDF och ADF medan de ökar vid mikronisering. Extrudering ger lägre halter av C18:3, korta och mättade fettsyror medan halterna av enkelomättade fettsyror och *trans*-C18:1 ökar i mjölken jämfört med mikroniserade linfrön. Utfodring med extruderade linfrön gav lägre mjölkavkastning, 1,6 kg per dag, än mikroniserade linfrön. Skillnaderna i ECM var jämförbara med de för mjölkavkastningen (Gonthier *et al.*, 2005).

5.6 METANAVGÅNG

5.6.1 Foderintag och nedbrytning

Beauchemin *et al.* (2009) utfodrade kor med krossade frön i form av solros, raps eller lin och som kontrollfoder gav de kalciumsalter av långa fettsyror. Metanproduktionen minskade med alla försöksfodren när det uttrycktes i gram per dag men räknat per kg av det nedbrytbara TS-intaget fick raps en signifikant minskning, linfrön tenderade att minska medan solrosfrön ökade signifikant i förhållande till kontrollfodret. Slutsatsen som kunde dras var att det kan vara effektivt att tillföra olja för att få en minskad metanavgång. Det kan dock resultera i negativa effekter på mjölkproduktionen hos högproducerande kor genom att fodernedbrytningen minskar. En studie av Giger-Reverdin *et al.* (2003) visar på att metanproduktionen är proportionell med TS-intaget.

5.6.2 Metanproduktion beroende på linfröblandning

För att kunna se hur mycket metan varje enskild ko släppte ut placerade Martin *et al.* (2008) alla kor i separata boxar. En ampull som avger en känd mängd svavelhexaflorid per dygn placerades i kons våm. Koncentrationen av svavelhexaflorid och metan mättes därefter ur kons andedräkt under fem dygn. Förhållandet mellan svavelhexaflorid och metan i proverna användes slutligen för att beräkna den totala metanproduktionen hos kon (metoden kommer från Johnson *et al.*, 1994). Fodret var majsensilagebaserat och korna utfodrades med hela linfrön, extruderade linfrön, linolja eller inget linfrö alls. Kor utfodrade utan lin hade en metanavgång på 418 g/dag och 17,4 g/kg mjölk samt rapade ut 6,7 % av bruttoenergin. När linfrö tillfördes foderstaten minskade metanavgången. Med linolja minskade metanavgången mest, med hela 64 %. Därefter kom extruderade linfrön med 38 % medan hela linfrön minskade med 12 %. I en studie av Beauchemin *et al.* (2009) minskade metanavgången med 18 % när krossade linfrön tillfördes foderstaten. Enligt studien av Martin *et al.* (2008) antogs den bromsande effekten på idisslarens metanbildning öka med den teoretiska tillgängligheten eller frisättningen av linfröfettsyror i våmmen men den skillnaden syntes inte på nedbrytbarheten. Det innebar att linolja hade den högsta frisättningen, därefter kom extruderade linfrön och lägst frisättning hade hela linfrön. Det gällde även när metanavgången uttrycktes per kg OM eller NDF intag. När metanproduktionen uttrycktes per kg nedbruten NDF var det ingen märkbar skillnad mellan fodret utan linfrön och fodret med hela samt extruderade linfrön (i medeltal 138 g/kg nedbruten NDF) medan linolja hade en lägre metanproduktion (68 g/kg nedbruten NDF). Den lägre metanproduktionen vid tillförsel av hela och extruderade linfrön kunde förklaras med en sänkt fibernedbrytning. Fleromättade fettsyror som fanns fria i olja antogs ha en snabbare påverkan på våmmens mikrober än fettsyror i fröer. Det kan ha blivit en förskjutning av fibrernas nedbrytning från våmmen till tjocktarmen när linolja tillfördes. Det i sin tur gjorde att en lägre mängd metan producerades per nedbruten NDF, vilket antagligen resulterade i en underskattning av metanproduktionen för linolja jämfört med de andra fodren. Även om det blev en stor effekt på metanbildningen i studien så poängterades det att våmmens mikrober möjligtvis anpassar sig till oljan så att effekten försvinner när kor äter lin under en lång period.

Studien av Martin *et al.* (2008) utfodrade med 5,7 % linfröfetter vilket signifikant minskade mängden metan som mjölkkorna dagligen släppte ut. När den teoretiska tillgången av linfröfettsyror ökade verkade det bli en bromsning av metanbildningen i våmmen. De ansåg därför att tillförsel av linfrön i fodret kan minska metanavgången från kor.

5.6.3 Förhållande mellan mjölkens fettsyrasammansättning och metanproduktion

I en studie av Chilliard *et al.* (2009) utfodrades kor med ett majsensilagebaserat foder samt linfrön (5 % fett) vilket gjorde att fettsyrasammansättningen ändrades i mjölken. Studien visade att mjölkens fettsyror kan bildas från både fettsyror absorberade i våmmen och från *de novo*-syntesen av ättiksyra och smörsyra i våmmen. Det tyder på att det kan finnas ett samband mellan metanproduktion och fettsyrainnehåll i mjölken på grund av den gemensamma biokemiska förbindelsen mellan metan, ättiksyra och smörsyra i våmmen samt genom effekten av fodrets fetter på metanproduktionen. Metanproduktionen hade ett starkt samband med fettsyror som i huvudsak kom från juvrets *de novo*-syntes och baseras i huvudsak på användningen av ättiksyra som produceras i våmmen genom nedbrytning av fibrer. Det starka sambandet gör att fodrets innehåll av C18:3 kan sänka metanproduktionen, fibernedbrytningen och ättiksyraproduktionen i våmmen. Vid tillförsel av linolja och extruderade linfrön sänks troligtvis tillgången på ättiksyra i juvret vilket medför att fettsyrasyntesen och fettavkastningen minskar. Enligt studien av Giger-Reverdin *et al.* (2003) fick kor utfodrade med majsensilage en lägre metanproduktion jämfört med kor utfodrade med hö eller gräsensilage.

6. FÄLTSTUDIE, MATERIAL OCH METODER

6.1 FÖRSÖKET UPPLÄGG OCH BESÄTTNINGAR

I studien som initierats av Skånemejerier, ingick 5 besättningar med konventionell drift (ej ekologisk). Besättningarna hade mellan 39 och 149 mjölkkor (tabell 1). Försöket pågick från mitten av december 2010 till början av mars 2011, med undantag för en besättning som startade försöket i februari 2011. Varje enskild besättning använde sig av samma foder genom hela försöket. Fodret skiljde sig dock mellan besättningarna. Försöksfodret bestod av ett koncentrat och ett färdigfoder. Besättningarna utfodrades med antingen det ena eller båda fodren. Under de två första veckorna användes besättningarnas normala foder (kontrollfodret). Följande åtta veckor utfodrades korna med försöksfodret. På så sätt utgjorde varje besättning sin egen kontrollgrupp genom att de två första veckornas prover jämfördes med proverna från de efterföljande åtta veckorna.

Tabell 1. Besättningarnas status i januari 2011 enligt kokontrollen. Det totala antalet kor och den genomsnittliga mjölkavkastningen per ko och dag vid kontrolltillfället, med undantag för besättning E som inte var med i kokontrollen, där antalet kor är enligt foderlistan från oktober 2010.

Besättning	Antal kor	Mjölkavkastning/ko och dag
A	72	29,3
B	140	29,7
C	39	23,5
D	58	26,5
E	149	

6.2 PROVTAGNING

Mjölksprover togs en gång i veckan under tio veckor från varje besättning. Proverna togs ur mjölktanken i samband med att mjölken hämtades, därefter frystes de ned. Efter försöket analyserades proverna. I de prover som togs ingick mjölk från alla mjölkande kor i varje besättning, det innebär att flertalet av korna ingick i både kontroll- och försöksperioden.

6.3 MJÖLKANALYS

Mjölksproverna som togs varje vecka analyserades med två olika analysmetoder för att få fram information om hur mjölkens sammansättning förändrades under försöket. Analysmetoderna var gaskromatografi och MilkoScan (Combifoss med FTIR-teknik). Gaskromatografi användes för att bestämma andelen mättade, omättade, enkelomättade, fleromättade och *trans*-fettsyror. Även omega-3 och omega-6 fettsyror samt CLA, C16:0 och C18:0 bestämdes med denna metod. MilkoScan användes för att bestämma halter av fett, protein, urea, laktos och fria fettsyror.

6.3.1 Analysresultat som försöket använder sig av utöver studiens analyser

För att få fler analysvärden användes även analysresultat från kokontrollen, på de besättningar som var med. I studien var 4 av de 5 besättningarna med i kokontrollen. Där tas en gång i månaden ett mjölkprov från varje ko. Proverna som studien använde sig av var mjölkavkastning, fetthalt, proteinhalt, ECM kg samt okorrigerat celltal. Besättningarnas medelvärden för dessa egenskaper togs fram från ungefär 2 månader innan respektive efter försöksperioden. Från varje besättning togs ett värde från kontrollperioden och ett värde från slutet av försöksperioden.

6.4 FODERSTAT

En foderstatskontroll gjordes i Typfoder (NorFor version 5.6). Det är ett fodervärderingssystem som utvecklats för att planera och optimera foderstater (Volden, 2011). Foderstatskontrollen gjordes för de kor som uppfyllde följande tre kriterier: kon skulle ha kalvat minst en gång tidigare; den senaste kalvningen skulle ha inträffat mellan 121 och 320 dagar tidigare; och kon skulle mjölka 20, 30 eller 40 kg ECM per dag. Foderstatskontrollen visade kornas foderstat baserat hur mycket de mjölkade. Förutbestämda foderstatskontroller enligt NorFor-värden som ansågs viktiga lades in i Typfoder och återfanns i foderstatskontrollen (tabell 2). Fodrets fettsyrasammansättning jämfördes med mjölkens fettsyrasammansättning.

I Typfoder fanns de flesta värden som behövdes för att få fram fettsyrasammansättningen i mjölken. Det som fick läggas in manuellt var grovfoderanalyserna samt tillskottsfodren (i form av koncentrat och färdigfoder) som tillfördes foderstaterna (tabell 3). Tillskottsfodren beräknades baserat på en förteckning över råvaruinnehållet som inhämtats från Lantmännen. I beräkningen inkluderades enbart råvaror av typen oljekraftfoder (linfrö, rapsmjöl rapskaka, sojamjöl och palmexpeller) då resterande fettsyror i tillskottsfodret ansågs sakna betydande mängd fettsyror. Andelen fettsyror i oljekraftfodret hämtades från Spörndly (2003). Fettsyornas glycerolhalt antogs obetydlig och togs därför inte med i beräkningarna.

Tabell 2. Foderstatskontroll. Gränsvärden för sju parametrar användes (Lidström & Persson, 2010).

Foderstatskontroll	Min. Värde	Max. Värde
NEL tot, MJ/dag		
TS-intag, kg TS/dag		
PBV, g/kg TS	5	25
Fettsyror, g/kg TS		
NDF, g/kg TS		
Stä, g/kg TS		
Tuggtid, min/kg TS	32	
Opt.kostn, kr/dag		
NEL-bal, %	100	101
AAT-bal, %		
AAT/NEL, g/MJ	15	
Ca-diff, g/dag		
P-diff, g/dag		
Mg-diff, g/kg		
Vomn NDF, %		
Vombelast, g/g NDF		0,5
Råprot, g/kg TS		180
iNDF, g/kg TS		
Stä + soc, g/kg TS		
Stä + rest, g/kg TS		
K, g/kg TS		
Se, mg/kg TS		
Vit E tot, IE/dag		
FV-bal, %	80	105
ECM respon, kg/dag		
N utn, %		
vomn Råpro, g/kg TS		
C16:0, g/kg TS		
C18:0, g/kg TS		
C18:1, g/kg TS		
C18:2, g/kg TS		
C18:3, g/kg TS		
Råfett, g/kg TS		

Tabell 3. Fettsyrasammansättningen av den totala andelen fettsyror i tillskottsfodret (Hellberg, 2011).

	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Övriga
Unik 52	0,71	0,26	8,31	3,65	1,29	85,78
Unik 82	5,28	0,77	14,9	5,67	1,72	71,66
Unik Nära	4,95	1,75	21,31	27,19	5,11	39,69
Unik Nära försök	3,65	1,85	19,01	9,81	27,99	37,69
Solid 120	0,38	0,14	5,07	1,94	0,76	91,71
Solid Nära försök	1,95	0,97	11,48	5,53	14,28	65,79
Vida 190	0,28	0,11	4,39	1,40	0,63	93,19

6.5 METANAVGÅNG

Genom att studera sammansättningen på foderintag, mjölkavkastning samt mjölkfettsyror kom Chilliard *et al.* (2009) fram till en ekvation för att beräkna metanavgången. Den räknades ut genom att använda en multipel regressionsanalys (stepwise approach). Metanproduktionen i den här studien beräknades för både kontroll- och försöksperioden genom att använda en modifierad beräkning utifrån en ekvation enligt Chilliard *et al.* (2009). Beräkningen gjordes med fem parametrar, där varje parameter var signifikant till $P < 0,01$. Säkerheten (Förklaringsgraden= R^2) beräknades till 95 % och root mean square error till 28,8 g per dag.

Ekvation:

Metanavgång (g/dag) = $9,46 (\pm 1,68) * \text{mjölk C16:0 (\% av totala antalet fettsyror)} - 97,6 (\pm 19,0) * \text{mjölk trans-16 + cis-14 C18:1 (\% av totala antalet fettsyror)} + 13,3 (\pm 3,43) * \text{grovfoderintag (kg av TS/dag)} - 78,3 (\pm 23,4) * \text{mjölk cis-9 C14:1 (myristinsyra) (\% av totala antalet fettsyror)} + 77,4 (\pm 26,6) * \text{mjölk C18:2 (\% av totala antalet fettsyror)} - 21,2 (\pm 72,6)$

I studien användes en modifierad form av ovannämnda ekvation då det saknades värden för trans-16 + cis-14 18:1. Andelen trans-16 + cis-14 18:1 av totala C18:1 antogs i studien vara lika stor som i den för Chilliard *et al.* (2009). Ekvationen tog även med andelen C18:2 i mjölken men i den här studien användes istället den totala andelen omega-6 vilket gjorde att metanavgången blev något högre än om enbart C18:2 skulle varit med.

6.6 FODERSTATSKOSTNAD

Priser på alla foderråvaror användes vid beräkningen av foderstatskontrollen i Typfoder. Priser för grov- och kraftfoder fanns sedan tidigare i Typfoder. Priserna för tillskottsfodren hämtades från Lantmännen (bilaga 1).

Resultatmättet av mjölkintäkter minus foderkostnader beräknades. Lantbrukaren får normalt sett betalt per kg mjölk samt efter mjölkens halt av fett och protein, vilka för full betalning ska innehålla minst 4,2 % respektive 3,4 % (Skånemejerier, 2010). I den här studien togs ingen hänsyn till fett- och proteinhalten.

6.7 STATISTISKA ANALYSER

Statistiska analyser användes för att studera effekterna mellan behandlingar av foderintag, mjölkkinnehåll och metanavgång. Resultaten analyserades och därefter gjordes en variansanalys (PROC MIXED) med SAS (2008) och mellan behandlingar gjordes parvisa jämförelser (LSM). Analyserna räknades som så att besättningarna var en slumpmässig effekt och behandling var en fix effekt. Ett p-värde mindre än 0,05 var signifikant och ett p-värde mellan 0,05 och 0,10 tenderade att vara signifikant.

Följande statistiska modell användes:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + e_{ijk}$$

Där y är den analyserade parametern, μ är medelvärdet, α är effekten mellan besättning, β är effekten nästad inom behandling och e är residual effekten.

Ett parat t-test gjordes på mjölken för avkastning, fett-, protein-, laktos- och ureahalt för att se effekterna mellan kontroll- och försöksperioden. T-test användes även vid beräkning av grovfoder, råprotein, C18:2 och C18:3 intaget. Samma metod användes för mjölkavkastning, omega-3 och omega-6 halten i mjölken inom och mellan respektive besättning. Kontroll- och försöksperioden stod som två oberoende variabler. Beräkningarna utfördes i Microsoft Excel.

7 RESULTAT

7.1 INTAG AV OLIKA FETTSYROR

Foderstatskontroller enligt Typfoder visar hur 20, 30 och 40 kg ECM mjölkarna utfodrades (bilaga 2), bland annat går det att se intaget av fettsyror. Tabellerna 4-6 visar hur kornas intag av fettsyror skiljde mellan kontroll- och försöksperioden beroende på mjölmängd. Intaget av C18:0 och C18:3 ökade signifikant vid utfodring med försöksfodret, ($P=0,0327$) respektive ($P<0,0001$). Det var ingen signifikant skillnad på intaget av C16:0 ($P=0,7174$), C18:1 ($P=0,1822$) och C18:2 ($P=0,7779$).

Tabell 4. Beräknat dagligt intag av fettsyror i gram per kg TS per dag och för en ko som i genomsnitt mjölkade 20 kg ECM per dag, vid utfodring med kontroll- och försöksfodret, samt signifikansnivå. LSM = least square means och SEM = standard error of the mean.

Fettsyror 20 kg ECM mjölkare	Kontrollperiod LSM \pm SEM Min / Max	Försöksperiod LSM \pm SEM Min / Max	Signifikans
C16:0	1,88 \pm 0,20 1,3 / 2,6	1,92 \pm 0,20 1,6 / 2,4	IS
C18:0	0,24 \pm 0,03 0,3 / 0,4	0,36 \pm 0,03 0,2 / 0,4	*
C18:1	2,44 \pm 0,38 1,9 / 3,9	3,02 \pm 0,38 1,8 / 3,7	IS
C18:2	4,18 \pm 0,60 3,0 / 7,4	3,96 \pm 0,60 3,5 / 4,9	IS
C18:3	2,96 \pm 0,33 2,1 / 4,0	5,74 \pm 0,33 4,7 / 6,7	**

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, IS = icke signifikant

Tabell 5. Beräknat dagligt intag av fettsyror i gram per kg TS per dag och för en ko som i genomsnitt mjölkade 30 kg ECM per dag, vid utfodring med kontroll- och försöksfodret, samt signifikansnivå. LSM = least square means och SEM = standard error of the mean.

Fettsyror 30 kg ECM mjölkare	Kontrollperiod LSM \pm SEM Min / Max	Försöksperiod LSM \pm SEM Min / Max	Signifikans
C16:0	1,86 \pm 0,26 1,3 / 2,7	1,92 \pm 0,26 1,5 / 2,4	IS
C18:0	0,26 \pm 0,04 0,2 / 0,4	0,40 \pm 0,04 0,3 / 0,5	**
C18:1	2,86 \pm 0,43 1,8 / 4,7	3,58 \pm 0,43 2,8 / 4,3	IS
C18:2	4,24 \pm 0,81 2,5 / 8,4	4,06 \pm 0,81 3,0 / 5,5	IS
C18:3	2,80 \pm 0,26 2,3 / 3,6	6,30 \pm 0,26 5,4 / 7,0	***

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, IS = icke signifikant

Tabell 6. Beräknat dagligt intag av fettsyror i gram per kg TS per dag och för en ko som i genomsnitt mjölkade 40 kg ECM per dag, vid utfodring med kontroll- och försöksfodret, samt signifikansnivå. LSM = least square means och SEM = standard error of the mean.

Fettsyror 40 kg ECM mjölkare	Kontrollperiod LSM ± SEM Min / Max	Försöksperiod LSM ± SEM Min / Max	Signifikans
C16:0	1,82 ± 0,33 1,1 / 2,9	1,86 ± 0,33 1,4 / 2,5	IS
C18:0	0,24 ± 0,06 0,1 / 0,5	0,40 ± 0,06 0,3 / 0,5	*
C18:1	3,04 ± 0,51 1,7 / 5,2	3,96 ± 0,51 2,8 / 4,7	IS
C18:2	4,22 ± 0,99 2,0 / 9,1	3,98 ± 0,99 2,4 / 5,7	IS
C18:3	2,66 ± 0,29 2,1 / 3,5	6,82 ± 0,29 6,3 / 7,7	***

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, IS = icke signifikant

7.2 GENOMSNITTLIG AVKASTNING

I bilaga 3 finns kokontrollens analysvärden, från ungefär två månader innan försöket till två månader efter. Analysvärden från prover som togs varje vecka finns i bilaga 4.

7.2.1 Mjölmängd

Det var ingen signifikant skillnad i mjölmängden mellan kontroll- och försöksperioden, 26,4 respektive 26,8 kg mjölk per dag (tabell 7).

7.2.2 Halter i mjölken

Det var ingen signifikant skillnad mellan kontroll- och försöksfoderanalyserna som togs varje månad på mjölkavkastning ($P=0,843$), fetthalt ($P=0,703$), proteinhalt ($P=0,182$), ECM kg ($P=0,996$) och okorrigerat celltal ($P=0,948$) (tabell 7).

Fett- och proteinhalten analyserades både på vecko- (tabell 7) och månadsbasis (tabell 8). Fetthalten på analysen som togs varje vecka ($P=0,8579$) var liksom den som togs varje månad ($P=0,703$) inte signifikant. Däremot tenderade proteinhalten ($P=0,0962$) att minska för analyserna som togs varje vecka men det var ingen skillnad på de som togs varje månad ($P=0,182$).

Från de analyser som togs varje vecka blev det varierade resultat mellan kontroll- och försöksfodret (tabell 8). Fetthalten påverkades inte ($P=0,8579$) vid utfodring med försöksfodret, den var i genomsnitt 41,2 g/kg av totala mjölkinnehållet. Proteinhalten tenderade att minska ($P=0,0962$) vid utfodring med försöksfodret. Den minskade med 0,9 % från 35,0 till 34,7 g/kg av totala mjölkinnehållet. Ureahalten minskade signifikant ($P=0,0021$) vid utfodring med försöksfodret. Den minskade med 8,0 %, från 3,99 millimol per liter (mmol/l) till 3,67 mmol/l av totala mjölkinnehållet. Det var även en signifikant skillnad mellan besättningen med högst respektive lägst ureahalt. Laktoshalten hade en signifikant ökning ($P<0,0001$) vid utfodring med försöksfodret. Den ökade med 1,2 % från 47,9 g/kg till 48,5 g/kg av totala mjölkinnehållet.

Tabell 7. Genomsnittlig mjölmängd och halter i mjölken vid utfodring med både kontroll- och försöksfodret samt signifikansnivåer för skillnader.

	Kontrollperiod	Försöksperiod	Signifikans
Mjölkkavkastning, kg/ko/dag	26,4	26,8	IS
Fett, g/100g	4,05	4,00	IS
Protein, g/100g	3,45	3,50	IS
ECM kg	26,55	26,65	IS
Okorrigerat celltal	177 750	180 750	IS

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, IS = icke signifikant

Tabell 8. Mjölkkavkastningens analysresultat. De högsta och lägsta värdena av varje fettsyra som fanns i mjölken efter utfodring med kontroll- och försöksfodret samt även medelfel och signifikans. LSM = least square means och SEM = standard error of the mean.

	Kontrollperiod LSM \pm SEM Min / Max	Försöksperiod LSM \pm SEM Min / Max	Signifikans
Fett, g/100g	4,13 \pm 0,07 3,99 / 4,43	4,12 \pm 0,07 3,95 / 4,43	IS
Protein, g/100g	3,50 \pm 0,05 3,27 / 3,58	3,47 \pm 0,05 3,30 / 3,60	TDS
Urea, mmol/l	3,99 \pm 0,39 2,9 / 5,2	3,67 \pm 0,38 2,1 / 5,5	**
Laktos, g/100g	4,79 \pm 0,03 4,71 / 4,87	4,85 \pm 0,03 4,70 / 4,96	***
Fria fettsyror, g/100g	0,41 \pm 0,05 0,245 / 0,645	0,24 \pm 0,05 0,000 / 0,524	***

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, TDS 0,05<P>0,1 = tendens till signifikant, IS = icke signifikant

7.2.3 Fria fettsyror

Fria fettsyror minskade signifikant med 41,4 %, från 4,1 till 2,4 g/kg av totala mjölkinnehållet ($P < 0,0001$) vid utfodring med försöksfodret. Under de sista tre veckorna hade besättning A inga fria fettsyror överhuvudtaget.

7.3 FETTSYRASAMMANSÄTTNING I MJÖLK

Mjölakens fettsyror vid utfodring med kontroll- och försöksfodret ses i tabell 9. Analysvärden finns i bilaga 5.

Tabell 9. Fettsyrornas analysresultat, i g/100g fettsyror. De högsta och lägsta värdena av varje fettsyra som fanns i mjölken efter utfodring med kontroll- och försöksfodret samt även medelfel och signifikans. LSM = least square means och SEM = standard error of the mean.

Fettsyror	Kontrollperiod LSM ± SEM Min / Max	Försöksperiod LSM ± SEM Min / Max	Signifikans
C16:0	30,46 ± 0,56 26,07 / 32,97	27,56 ± 0,47 25,11 / 30,44	***
C18:0	9,86 ± 0,36 8,97 / 11,66	11,10 ± 0,33 9,51 / 12,73	***
Omega-3	0,55 ± 0,06 0,37 / 0,73	0,91 ± 0,05 0,60 / 1,21	***
Omega-6	1,81 ± 0,05 1,59 / 2,03	1,98 ± 0,04 1,80 / 2,17	***
Mättade fettsyror	69,30 ± 0,50 67,8 / 71,4	67,37 ± 0,43 65,1 / 70,6	***
Omättade fettsyror	30,70 ± 0,50 28,6 / 32,3	32,63 ± 0,43 29,4 / 34,9	***
Enkelomättade fettsyror	25,61 ± 0,58 23,5 / 27,0	26,36 ± 0,55 23,8 / 28,6	**
Fleromättade fettsyror	2,90 ± 0,09 2,5 / 3,3	3,48 ± 0,07 2,9 / 4,0	***
<i>Trans</i> -fettsyror (exkl. CLA)	2,40 ± 0,09 2,1 / 2,9	2,45 ± 0,09 2,0 / 2,9	IS
CLA	0,54 ± 0,02 0,44 / 0,68	0,59 ± 0,02 0,46 / 0,69	**

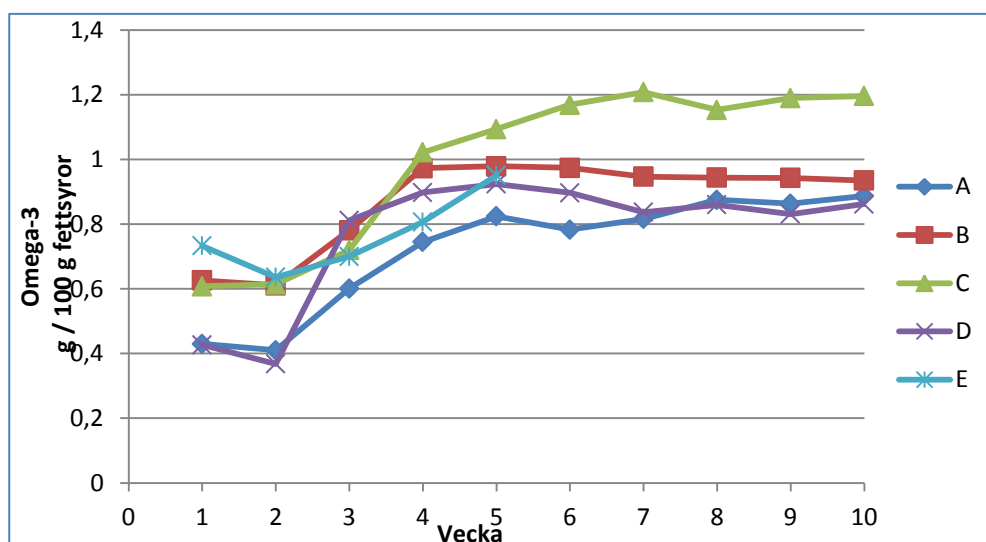
* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, IS = icke signifikant

7.3.1 C16:0 och C18:0 fettsyror

Vid utfodring med försöksfodret minskade C16:0 halten signifikant, ($P < 0,0001$) (tabell 9). I medeltal minskade C16:0 med 9,5 %, från 304,6 g/kg till 275,6 g/kg av totala fetthinnehållet. C18:0 halten ökade signifikant ($P < 0,0001$) vid utfodring med försöksfodret (tabell 9). I medeltal ökade C18:0 med 11,2 %, från 98,6 g/kg till 111,0 g/kg av mjölkens totala fetthinnehåll.

7.3.2 Omega-3 fettsyror

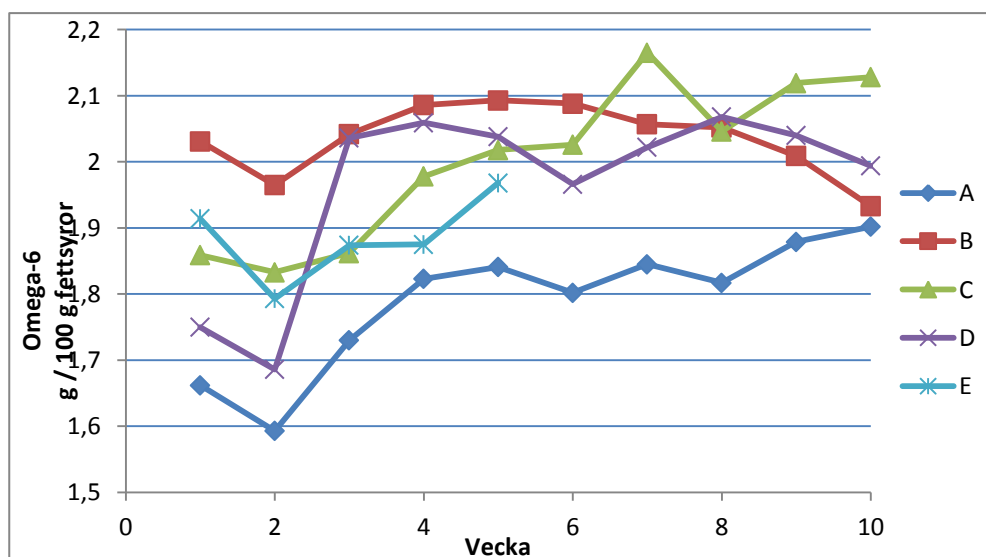
Vid utfodring med försöksfodret ökade omega-3 halten signifikant, ($P < 0,0001$) (tabell 9). Omega-3 halten för respektive besättning kan ses i figur 3. Den tredje veckan med försöksfodret uppnådde omega-3 halten en nivå där den höll sig de återstående fem veckorna. Den genomsnittliga utsöndringen av omega-3 var för kontrollfodret 5,5 g/kg och för försöksfodret 9,1 g/kg av totala fetthinnehållet, vilket motsvarar en ökning på 39,6 %. Omega-3 bestod i denna studie förutom av C18:3 även av C20:5 (eicosapentenoic acid/EPA) och C22:5 (docosapentaenoic acid/DPA), den största procentuella mängden omega-3 stod dock C18:3 för. Av den totala omega-3 halten i mjölken gav kontrollfodret 78 % C18:3 och försöksfodret 84 %. Redan efter en vecka med försöksfodret hade omega-3 halten ökat med 23,6 % (från 5,5 g/kg till 7,2 g/kg). De sista sex veckorna när omega-3 halten stabiliserat sig hade den ökat med 42,7 % sedan kontrollperioden (från 5,5 g/kg till 9,6 g/kg).



Figur 3. Besättningarnas omega-3 halt under perioden med kontroll- och försöksfoder. Under vecka 1 och 2 utfodrades korna med kontrollfodret och vecka 3 till 10 utfodrades de med försöksfodret.

7.3.3 Omega-6 fettsyror

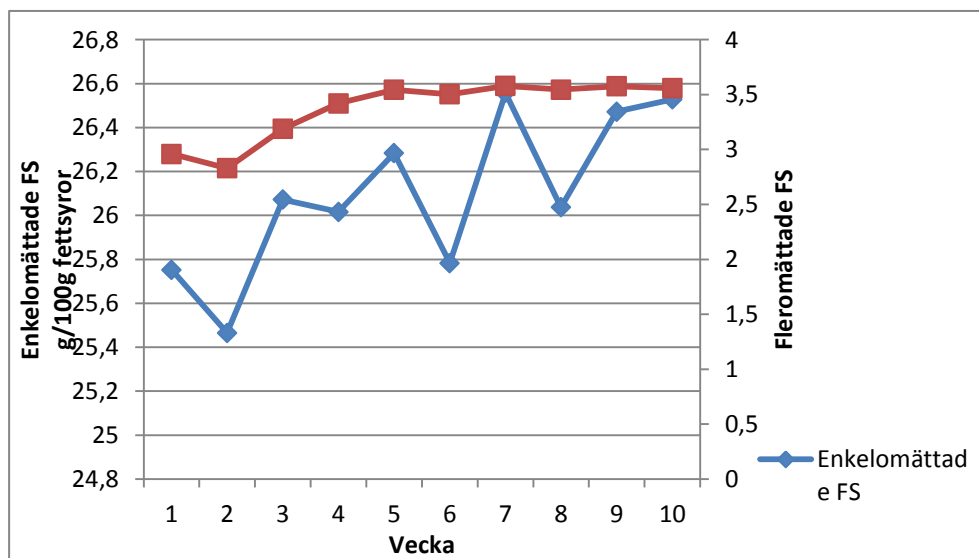
Vid utfodring med försöksfodret ökade omega-6 halten signifikant ($P < 0,0001$) (tabell 9). Besättningarnas omega-6 halt ses i figur 4. Omega-6 halten började stabilisera sig den tredje veckan med försöksfodret. Den genomsnittliga utsöndringen av omega-6 var för kontrollfodret 18,1 g/kg och för försöksfodret 19,8 g/kg av totala fetthinnehållet, vilket motsvarar en ökning på 8,6 %. Omega-6 bestod i denna studie förutom av C18:2 även av C20:2 (eicosadienoic acid) och C20:3 (eicosatetraenic acid/dihomogammalinolenic acid), den största procentuella mängden omega-6 stod dock C18:2 för. Av den totala omega-6 halten i mjölken stod C18:2 för 94 % både i kontroll- och försöksfodret. Redan efter en vecka med försöksfodret hade omega-6 halten ökat med 5,2 % (från 18,1 g/kg till 19,1 g/kg). De sista sex veckorna när omega-6 halten stabiliserat sig hade den ökat med 9,5 % sedan kontrollperioden (från 18,1 g/kg till 20,0 g/kg).



Figur 4. Besättningarnas omega-6 halt under perioden med kontroll- samt försöksfoder. Under vecka 1 och 2 utfodrades korna med kontrollfodret och vecka 3 till 10 utfodrades de med försöksfodret.

7.3.4 Mättade och omättade fettsyror

Halten av mättade fettsyror minskade signifikant ($P < 0,0001$) medan halten av omättade fettsyror ökade signifikant ($P < 0,0001$) i mjölken vid utfodring med försöksfodret (tabell 9). Både de enkelomättade och fleromättade fettsyrorerna hade en signifikant ökning, ($P = 0,0062$ respektive $P < 0,0001$). Den genomsnittliga utsöndringen för mättade fettsyror minskade med 2,8 %, från 693,0 g/kg till 673,7 g/kg av det totala fettinnehållet vid utfodring med försöksfodret. Samtidigt ökade andelen omättade fettsyror med 5,9 % från 307,0 g/kg till 326,3 g/kg. De enkelomättade fettsyrorerna steg med 2,8 % från 256,1 g/kg till 263,6 g/kg av det totala fettinnehållet och de fleromättade fettsyrorerna steg med 16,7 % från 29,0 g/kg till 34,8 g/kg av totala fettinnehållet. Figur 5 visar variationen på den genomsnittliga utsöndringen av enkel- och fleromättade fettsyror.



Figur 5. Den genomsnittliga utsöndringen av enkel- och fleromättade fettsyror under de tio veckorna. Under vecka 1 och 2 utfodrades korna med kontrollfodret och vecka 3 till 10 utfodrades de med försöksfodret.

7.3.5 Trans-fettsyror

CLA halten ökade signifikant ($P = 0,0006$) medan övriga *trans*-fettsyror inte påvisade någon signifikant skillnad ($P = 0,3155$) mellan kontroll- och försöksfodret (tabell 9). CLA ökade med 8,5 % från 5,4 g/kg till 5,9 g/kg av det totala fettinnehållet vid utfodring med försöksfodret. *Trans*-fettsyrorerna höll en nivå på 24,4 g/kg av det totala fettinnehållet under hela perioden.

7.4 BERÄKNAD METANAVGÅNG

Vid beräkning av ekvationen enligt Chilliard *et al.* (2009) var det en numerisk men inte signifikant skillnad mellan kontroll- och försöksfodret för de olika mjölmängderna (tabell 10), 20 kg ECM ($P = 0,1760$), 30 kg ECM ($P = 0,2348$) och 40 kg ECM ($P = 0,1737$). Den procentuella minskningen för mjölkavkastningsnivåerna var 2,7 %, 3,2 % samt 5,4 % för respektive 20, 30 och 40 kg ECM mjölkarna. Den största procentuella minskningen stod följaktligen 40 kg ECM mjölkarna för. För att se metanavgången för respektive besättning under kontroll- och försöksperioden se bilaga 6.

Tabell 10. Metanavgången i gram per ko och dag. De högsta och lägsta värdena vid utfodring med kontroll- och försöksfodret samt även medelfel och signifikans. LSM = least square means och SEM = standard error of the mean.

	Kontrollperiod LSM ± SEM Min / Max	Försöksperiod LSM ± SEM Min / Max	Signifikans
20 kg ECM	410 ± 7,21 380 / 423,27	399 ± 7,21 384 / 420,71	IS
30 kg ECM	434 ± 9,06 410 / 472,73	420 ± 9,06 392 / 433,60	IS
40 kg ECM	446 ± 10,69 418 / 485,77	422 ± 10,69 384 / 444,04	IS

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, IS = icke signifikant

7.5 EKONOMISKA ASPEKTER

Tabell 11 visar prisskillnad i öre per kg mjölk mellan kontroll- och försöksfodret. Försöksfodret var dyrare för alla besättningar och mjölkavkastningsnivåer. I genomsnitt var försöksfodret 11,87 öre dyrare per kg ECM.

Tabell 11. Kostnadsökning för försöksfodret jämfört med kontrollfodret i ören per kg ECM, fördelat på besättning och ECM-avkastningsnivå.

Besättning	20 kg ECM	30 kg ECM	40 kg ECM
A	18	29	8
B	3	3	4
C	4	6	4
D	12	15	17
E	17	12	26

8 DISKUSSION

Försöksfodret bestod av ett koncentrat och ett färdigfoder. Givorna skiljde mellan besättningarna (bilaga 2). Besättningarna hade foderrådgivare som hjälpte till att beräkna fodermängderna. Fodergivorna hos några av besättningarna var inte helt exakta då NorFor fick bestämma mängden grovfoder så att foderstatskontrollerna skulle kunna beräknas.

8.1 FODERINTAG

Då foderintaget är beräknat i NorFor och inte genom vägning av fodergivor (till exempel endagarsutfodringskontroll) är beräkningen av foderintaget inte helt tillförlitligt. I studien ser förändringarna i torrsubstans (TS) intaget ut att följa förändringen av det totala grovfoderintaget. Studien av Martin *et al.* (2008) hade däremot en teori om att det är lättare att sänka TS-intaget vid utfodring med majsensilage än hö. Några sådana slutsatser går inte att dra i den här studien. Dock fanns en besättning i studien, C, som enbart utfodrades med gräsensilage medan övriga utfodrades med en blandning av gräs- och majsensilage. Besättning C var den enda som fick ett signifikant ökat TS-intag. Även grovfoderintaget ökade för besättningen. Det var ingen skillnad på det beräknade TS-intaget och inte heller på grovfoderintaget mellan kontroll- och försöksperioden för besättning B, D och E. I besättning A påverkades inte kornas TS-intag men grovfoderintaget minskade.

Intaget av α -linolensyra (C18:3) ökade signifikant i alla besättningar vid utfodring med försöksfodret, vilket överensstämmer med tidigare studier (Chilliard & Ferlay, 2004; Gonthier *et al.*, 2005; Fuentes *et al.*, 2008; Bork *et al.*, 2010; Petit & Gagnon, 2011). Medelintaget av linolsyra (C18:2) påverkades inte vid utfodring med försöksfodret.

8.2 MJÖLKAVKASTNING

I studien påverkades inte mjölkavkastningen mellan kontroll- respektive försöksfodret, vilket stämmer överens med tidigare studier som använt sig av krossade, valsade eller hela linfrön (Martin *et al.*, 2008; Beauchemin *et al.*, 2009; Chilliard *et al.*, 2009; Oba *et al.*, 2009; Bork *et al.*, 2010; Petit & Côrtes, 2010). I studien blev det inte heller någon signifikant skillnad på avkastning av energikorrigerad mjölk (ECM), vilket överensstämmer med Gonthier *et al.* (2005). ECM bestäms utifrån kors mjölkavkastning samt av andelen fett och protein i mjölken (Tolkningsguide, 2011). Att det inte blev någon skillnad på ECM berodde på att mjölkavkastning och fetthalt inte förändrades vid utfodring med försöksfodret.

Mjölkavkastningen i studierna av Martin *et al.* (2008) och Chilliard *et al.* (2009) antogs bero på hur TS-intaget och nedbrytbarheten av fibrer påverkades då ett högt oljeintag ansågs minska dessa. I den här studien antogs oljeintaget vara oförändrat mellan kontroll- och försöksfodret, eftersom varken mjölkavkastning eller TS-intaget påverkades.

8.2.1 Fett i mjölk

I studien påverkades inte fetthalten i mjölken vid utfodring med försöksfodret, vilket överensstämmer med andra studier som har utfodrat kor med krossade linfrön (Gonthier *et al.*, 2005; Beauchemin *et al.*, 2009). Fetthalten i mjölken antas bero på oljeintaget, ett högre oljeintag antas minska mjölkfetthalten (Martin *et al.*, 2008; Chilliard *et al.*, 2009). Det innebär att studien hade ett likvärdigt oljeintag under kontroll- respektive försöksperioden. För att få full betalning krävs att kornas mjölk innehåller 4,2 % fett (Skånemejerier, 2010). I studien var det endast besättning C som uppnådde det målet. Oljeintaget kan ha varit för högt under både kontroll- och försöksperioden, då fetthalten i mjölken var för låg.

8.2.2 Protein i mjölk

Vid utfodring med försöksfodret tenderade proteinhalten att minska på de prover som togs ur mjöltkanken varje vecka. Prover som togs månadsvis visade däremot inte någon förändring. Mjölksproverna som togs varje vecka anses mer tillförlitliga då fler prover togs och samtliga besättningar var med. Dock bör fler studier göras för att få fram mer tillförlitliga resultat. Proteinhalten i mjölken har i tidigare studier inte påverkats vid utfodring med krossade linfrön (Gonthier *et al.*, 2005; da Silva *et al.*, 2007; Beauchemin *et al.*, 2009). För att få full betalning krävs att kornas mjölk innehåller 3,4 % protein (Skånemejerier, 2010). Besättning E var de enda som inte uppnådde målet, vilket de varken gjorde med kontroll- (3,3 %) eller försöksfodret (3,3 %).

8.2.3 Laktos i mjölk

Laktoshalten i mjölken ökade signifikant i studien vid utfodring med försöksfodret, vilket överensstämmer med Petit & Côrtes (2010) medan andra studier inte fick någon skillnad vid utfodring med krossade linfrön (Gonthier *et al.*, 2005; da Silva *et al.*, 2007; Beauchemin *et al.*, 2009). I studien av Kliem *et al.* (2008) erhöles en ökad laktoshalt i mjölken desto mer majs- och ju mindre gräsensilage korna utfodrades med. I den här studien blev det snarare tvärtom, dock kan inte några slutsatser dras.

I ett försök av Miglior *et al.* (2007) var laktoshalten signifikant korrelerad med mjölkavkastningen samt med celltalen i mjölken. Det kunde inte ses i den här studien då laktoshalten ökade signifikant medan varken mjölkavkastningen eller celltalen påverkades med försöksfodret.

8.2.4 Celltal i mjölk

Studien visade ingen signifikant skillnad på okorrigerade celler mellan kontroll- respektive försöksfodret. Okorrigerade celler räknar med hela celltalet i dygnsmjölken. Det går även att räkna antalet korrigerade celler vilka tar hänsyn till till exempel kg mjölk, laktationsnummer, ras och dagar efter kalvning (Tolkningsguide, 2011). Mjölakens celler påverkades inte heller för da Silva *et al.* (2007) vid utfodring med krossade samt hela linfrön.

8.2.5 Urea i mjölk

Vid utfodring med försöksfodret minskade ureahalten signifikant. Enligt en studie av Hojman *et al.* (2004) är mjölakens urea positivt korrelerad med mjölkavkastningen och mjölkfetthalten samt negativt korrelerad till mjölakens totala proteinhalt. Det kunde inte ses i den här studien eftersom ureahalten minskade medan mjölkavkastningen och mjölkfetthalten inte påverkades, däremot tenderade proteinhalten att minska. Balansen mellan energi och protein i foderstaten påverkar mjölakens ureahalt vilken i sin tur påverkar produktion och fruktsamhet. Fruktsamheten kan påverkas negativt av både en låg och en hög ureahalt, halter under 3,0 samt över 5,5 mmol/l mjölk försämrar fruktsamheten (Gustafsson, 2000 cit. Lundgren, 2003). I en studie av Hojman *et al.* (2004) minskade reproduktionen när ureahalten i mjölken ökade. Ureahalten är som lägst i råmjölk och ökar därefter under laktationen samt stiger under ett par timmar efter varje utfodring (Strudsholm & Sejresn, 2003). I den här studien hade besättning D ett ureavärde under 3,0 mmol/l mjölk under hela försöksperioden samt vid ena provtagningstillfället under kontrollperioden. Besättning E hade istället höga ureahalter. Den tredje och sista veckan som besättning E var med i studien hade den 5,5 mmol/l mjölk och som högst hade den 5,2 mmol/l under kontrollperioden. Övriga tre besättningar, A, B och C, hade ureavärden inom gränsvärdena 3,0 till 5,5 mmol/l (bilaga 4).

Det har visat sig att en hög ureahalt i mjölken innebär att råproteinintag är högt (Brandt *et al.*, 2010). Det betyder att när ureahalten i mjölken minskade kan det ha berott på att råproteinintaget minskade. Ett minskat råproteinintag kan även leda till att mjölkavkastningen minskar. När en sammanställning gjordes för besättningarna sågs ingen påverkan på mjölkavkastningen men både råproteinintaget och ureahalten minskade signifikant. Dock blev det ingen påverkan hos de enskilda besättningarna. C var den enda besättning där korna beräknades få ett signifikant minskat råproteinintag och det var den enda besättningen som fick en signifikant minskad mjölkavkastning. Däremot påverkades inte ureahalten. Besättning D som hade lägst ureahalt (under 3,0 mmol/l mjölk), hade även lägst råproteinintag, både under kontroll- och försöksperioden. Besättning E som i sin tur hade högst ureahalt hade det näst högsta råproteinintaget. Högst råproteinintag hade besättning B som hade den näst högsta ureahalten. Dessa resultat tyder därmed på att råproteinintaget för de besättningar som hade låg ureahalt, A, B och D, var för låg i studien. Råproteinet är kostsamt och leder därför till en onödig utgift för lantbrukaren om utfodringen blir för hög.

8.2.6 Fria fettsyror i mjölk

Studier har visat att andelen fria fettsyror stiger vid dålig hantering av mjölken. Det sker antagligen framförallt vid dålig mekanisk bearbetning, luftinblandning vid mjölkning eller i kyltanken (Andersson, 2002). Halten av fria fettsyror ökar även i sinmjölk, mastitmjölk eller om mjölken transporteras längre sträckor i ledningar, vid kortare mjölkintervaller samt vid morgonmjölkning (Andersson, 2002; Svennersten-Sjaunja & Wiktorsson, 2002). Det vanligaste smak- och luktfelet i mjölk och mjölkprodukter beror på för höga halter av fria fettsyror (Andersson & Gyllenswärd, 2004). I studien minskade andelen fria fettsyror vid utfodring med försöksfodret. Besättning A hade de lägsta värdena under både kontroll- och försöksperioden. Enligt analysresultaten fanns ingen förekomst av fria fettsyror under de sista tre veckorna med försöksfodret. Besättningarna i studien antogs ha samma mjölkningsrutiner under hela försöket och det anses därför inte ha påverkat minskningen av fria fettsyror i fodret. En hypotes kan vara att andelen fria fettsyror minskade på grund av att fettet skyddades från nedbrytning vid tillförseln av försöksfodret. Fett som klarar sig undan biohydrogenering i våmmen bildar inte fria fettsyror (Person, 2004).

8.3 FETTSYROR I MJÖLK

Det är lättare att ändra mjölkens sammansättning vid utfodring med fettsyror som är skyddade från biohydrogeneringen än vid utfodring med hela eller valsade linfrön (Kennelly, 1996). Krossade linfrön genomgår biohydrogeneringen i samma utsträckning som valsade linfrön. Det innebär antagligen att fettsyrahalterna hade påverkats mer om den här studien hade använt sig av fettsyror som är skyddade från biohydrogenering.

8.3.1 C18:3 och C18:2

I våmmen mättas omättade fettsyror genom biohydrogenering av våmbakterier men fodret kan undgå biohydrogeneringen vilket gör att mjölkens sammansättning ändras. Det gör att det inte finns några samband mellan fodrets innehåll av C18:3 och C18:2 och dess halter i mjölk (Kennelly, 1996; Chilliard *et al.*, 2009), vilket stämmer överens med resultaten i den här studien. Studien undersökte dock den totala mängden omega-3 och omega-6 i mjölken och inte på de enskilda C18:3 och C18:2. Mjölken omega-3 och omega-6 innehöll nästan uteslutande C18:3 och C18:2.

Utfodring med försöksfodret ökade signifikant omega-3 halten i mjölken hos de fyra besättningar som fullföljde studien, precis som tidigare studier visat (Chilliard & Ferlay,

2004; Gonthier *et al.*, 2005; Fuentes *et al.*, 2008). Ökningen av omega-3 startade samma vecka som försöksfodret började utfodras. Efter tre veckor med försöksfodret stabiliserade sig omega-3 halten. Den ökade med 42,7 % från den genomsnittliga utsöndringen när korna utfodrades med kontrollfodret till den genomsnittliga utsöndringen när omega-3 halten hade stabiliserat sig med försöksfodret. Besättning C hade det högsta C18:3 intaget under kontrollperioden och hade då en jämn omega-3 halt i mjölken med besättning B (6,1 g/kg respektive 6,2 g/kg). Besättning B hade under försöksperioden det högsta C18:3 intaget men besättning C hade den högsta omega-3 halten i mjölken (9,5 g/kg respektive 11,7 g/kg).

Besättning E utfodrades endast med försöksfodret under 3 veckor vilket gör att omega-3 halten inte hann stabilisera sig. Det gör att ingen slutsats kan dras. Däremot om omega-3 halten i fodret och mjölken jämförs under kontrollperioden samt under de tre veckor de gavs försöksfodret så hade besättning E det lägsta intaget av C18:3 under kontrollperioden men de hade den högsta omega-3 halten i mjölken. Vid utfodring med försöksfodret hade besättning E den högsta ökningen av C18:3 i fodret men de hade den lägsta ökningen av omega-3 i mjölken. Om besättning E hade fortsatt studien samt legat kvar på den omega-3 halt i mjölken som de hade den tredje veckan med försöksfodret, hade de inte fått någon signifikant påverkan på omega-3 halten.

Utfodring med försöksfodret ökade omega-6 halten i mjölken men C18:2 intaget påverkades inte. Precis som för omega-3 studerades hur mycket omega-6 halten hade ökat från när kontrollfodret gavs, till den genomsnittliga utsöndringen för de sista sex veckorna. Omega-6 hade då ökat med 9,5 %. Besättningarna B och C hade de högsta halterna av omega-6 i mjölken under både kontroll- (20,0 respektive 18,5 g/kg) och försöksperioden (20,4 respektive 20,8 g/kg).

Genom att utfodra med försöksfodret minskade kvoten mellan omega-6 och omega-3 i mjölken, vilket är bra ur hälsoperspektiv för konsumenten (Simopoulos, 2002). Kvoten minskade med 36 %.

8.3.2 Mättade och omättade fettsyror

Mättade fettsyror minskade samtidigt som både enkel- och fleromättade fettsyror ökade signifikant i mjölken vid utfodring med försöksfodret, precis som tidigare studier visat (Kennelly, 1996; Gonthier *et al.*, 2005; Petit & Gagnon, 2011). Genom att utfodra med foder som är skyddat från biohydrogeneringen i våmmen förblir omättade fettsyror omättade (Kennelly, 1996). Tidigare studier som utfodrat med linfrön har fått olika resultat beroende på hur linfröet bearbetats. Martin *et al.* (2008) och Chilliard *et al.* (2009) fick signifikant minskad biohydrogenering när värmebehandlade linfrön och linolja gavs jämfört med hela linfrön som i sin tur blev mindre biohydrogenerade än valsade linfrön (Oba *et al.*, 2009). Krossade linfrön som tillfördes i den här studien antas vara jämförbara med valsade linfrön. Andelen mättade och omättade fettsyror i mjölken beror alltså på vilken bearbetning linfröet fått. Den här studien visade på en signifikant effekt men den kan antas bli större om utfodringen sker med ett foder som är mer skyddat mot biohydrogenering, som till exempel värmebehandlade linfrön eller linolja.

Kor antas må bättre när mjölken innehåller en högre andel omättade och en lägre andel mättade fettsyror (Kennelly, 1996). Därför anses korna i studien må bättre vid utfodring med försöksfodret jämfört med kontrollfodret.

8.3.3 CLA och övriga *trans*-fettsyror

Det blev en signifikant ökning av konjugerad linolsyra (CLA) medan övriga *trans*-fettsyror inte påverkades i studien. Tidigare studier som använt krossade linfrön fick även de en högre

CLA halt (Gonthier *et al.*, 2005; da Silva *et al.*, 2007). Kennelly (1996) drog slutsatsen från flera studier att *trans*-fettsyror inte produceras av våmmens mikrober när fettet är skyddat från biohydrogenering. Resultaten i den här studien tyder på att fettet undkom biohydrogenering i lika stor utsträckning under kontroll- och försöksperioden.

Resultaten i den här studien är positiva eftersom en högre CLA halt är bra att ha i mjölken samtidigt som övriga *trans*-fettsyror bör undvikas.

8.4 OLIKA GROVFODERSLAGS PÅVERKAN PÅ FETTSYRAHALTEN I MJÖLK

Omega-3 halten i den här studien har inte jämförts med mängden grovfoder. Besättning C var den enda som enbart utfodrades med gräsensilage som grovfoder. Övriga besättningar utfodrades med en gräs- och majsensilageblandning samt en besättning som även utfodrades med hö. Det gör att inga slutsatser kan dras från den här studien om hur grovfodret påverkar omega-3 halten. Däremot har tidigare studier jämfört skillnaderna mellan gräsensilage, majsensilage och koncentrat.

Desto större givor gräsensilage samt färskt gräs och mindre givor koncentrat som utfodras till kor desto högre halter C18:3 och lägre halter C18:2 i mjölken. Det innebär att kvoten mellan omega-6 och omega-3 minskar (Slots *et al.*, 2009; Fall & Emanuelsson, 2011). Majsensilage har en lägre biohydrogenering än torkat gräs vilket ger en högre överföringseffektivitet av C18:2 och C18:3 (Dang Van *et al.*, 2011). Den här studien gjordes under vintern (start i december), vilket innebär att korna inte hade tillgång till färskt gräs. Genom att 4 av 5 besättningar utfodrades till viss del med majsensilage blev intaget av omega-3 lägre jämfört med om de enbart skulle ha utfodrats med gräsensilage. Det kan antagligen ha påverkat ökningen av omega-3 i mjölken när försöksfodret tillfördes. Dock ökade omega-3 halten även för besättning C som enbart utfodrades med gräsensilage.

Enligt en studie av Kliem *et al.* (2008) ansågs utfodring med majsensilage ge en högre avkastning av mjölk, protein och laktos. Det ses dock inte i den här studien då besättning C som inte utfodrades med majsensilage hade högst protein- och laktoshalt i mjölken. Däremot hade besättning C den lägsta mjölkavkastningen.

8.5 KONCENTRATETS OCH GROVFODRETS PÅVERKAN PÅ OMEGA-3 HALTEN

Det kan diskuteras varför besättning C hade en högre omega-3 halt i mjölken än övriga besättningar under försöksperioden. Den högre halten kan ha påverkats av att korna i besättning C endast utfodrades med gräsensilage som grovfoder medan övriga besättningar utfodrades med en blandning av gräs- och majsensilage. Gräsensilage innehåller en högre mängd C18:3 än majsensilage (Chilliard & Ferlay, 2004). Besättning C utfodrades med den största mängden gräsensilage som grovfoder, vilket de gjorde under både kontroll och försöksperioden. Besättning C utfodrades även med den minsta mängden linfrön, 0,56 kg per ko och dag (bilaga 7). Kan linfröna i försöksfodret ha gjort att mer av gräsets omega-3 undkom biohydrogenering eller varför fick de så mycket högre omega-3 halt än övriga besättningar?

Lägst omega-3 halt i mjölken hade besättning A. De hade även det lägsta intaget av gräsensilage bland besättningarna men däremot hade de den näst största mängden krossade linfrön i foderstaten, 0,77 kg per ko och dag.

Genom att studera de här två besättningarna blir i alla fall jag fundersam. Om nu linfrön i foderstaten gör att omega-3 halten ökar, varför ökar då omega-3 halten mer för de som

utfodras med en mindre mängd linfrön och en större mängd gräsensilage? Kan de som utfodrades med större mängder linfrö ha gett för mycket så korna inte kunde ta upp det eller kan blandningen mellan gräs-, majsensilage och krossade linfrön ha gjort variationerna mellan besättningarna?

8.6 MILJÖMÄSSIGA ASPEKTER

Enligt studien av Giger-Reverdin *et al.* (2003) är metanproduktionen proportionell med TS-intaget. I den här studien var det ingen signifikant skillnad vare sig på det beräknade TS-intaget eller på metanproduktionen mellan kontroll- och försöksfodret. Metanproduktionen minskade däremot numeriskt vid utfodring med försöksfodret men TS-intaget påverkades inte. Det syntes inget samband mellan intaget av C18:3 och metanproduktionen mellan foderstaterna vilket överensstämmer med studien av Chilliard *et al.* (2009). Det beror antagligen på biohydrogeneringen i våmmen. Dock är foderintaget i studien beräknat i NorFor vilket gör att det inte är riktiga fodergivor och därför är det beräknade foderintaget inte helt tillförlitligt.

Vid beräkning med formeln av Chilliard *et al.* (2009) gick det inte att se någon signifikant skillnad på metanavgången mellan kontroll- och försöksfodret. Genom att istället titta på den procentuella medelavgången syntes en minskning när försöksfodret tillfördes. Den största minskningen hade 40 kg ECM mjölkarna, där medelavgången minskade med 5,4 %. Beauchemin *et al.* (2009) fick en minskad metanavgång med 18 % när krossade linfrön tillfördes fodret. Den stora skillnaden i minskningen av metanavgången mellan försöken beror antagligen på kornas övriga foderintag. I den här studien fick besättning B en ökad metanavgång vid utfodring med försöksfodret medan metanavgången minskade för övriga besättningar. Varför metanavgången ökade för besättning B har jag ingen förklaring till. Enligt studien av Martin *et al.* (2008) minskade metanbildningen i våmmen när den teoretiska tillgången på linfröfettsyror ökade. Det stämmer ganska bra överens med den här studien då besättning C och D utfodrades med en mindre mängd linfrön och de hade en högre metanavgång än besättningarna A, B och E. Studien av Martin *et al.* (2008) poängterade att våmmen möjligtvis kan anpassa sig till oljan om kor utfodras med den under en längre period och att metanbildningen då kan komma att öka. Förhoppningsvis anpassar sig inte våmmen till oljan så som studien av Martin *et al.* (2008) poängterade. Även om metanavgången ökar något efter en tid med oljefodret stiger den förhoppningsvis inte till samma nivå som utan oljefodret.

En svaghet med den här studien är att uträkningen av formeln som togs fram av Chilliard *et al.* (2009) inte helt överensstämmer med den som användes här. Det på grund av att värden på *trans*-16 + *cis*-14 18:1 (oljesyra) saknades, vilket gjorde att jag räknade ut hur stor procent *trans*-16 + *cis*-14 18:1 av totala C18:1 som fanns i studien av Chilliard *et al.* (2009) och räknade på samma procentuella tal här. De skiljer antagligen något mellan studierna. En annan felkälla i formeln var att Chilliard *et al.* (2009) använde sig av C18:2 medan jag i den här studien räknade på den totala omega-6 halten, vilket gjorde att metanavgången beräknades bli något högre än vad den annars skulle blivit. Dock var C18:2 halten 94 % av totala omega-6 halten i både kontroll- och försöksfodret vilket gör att skillnaden inte är så stor. Eftersom jag i den här studien räknade på samma sätt för både kontroll- och försöksfodret blev felmarginalen lika för C18:2. Hur *trans*-16 + *cis*-14 18:1 varierade mellan kontroll- och försöksfodret går däremot inte att påvisa.

8.6.1 Grovfodrets påverkan på metanavgången

Enligt Giger-Reverdin *et al.* (2003) fick kor utfodrade med majsensilage en lägre metanproduktion än kor utfodrade med hö eller gräsensilage. Den här studien bestod enbart av fem besättningar och de utfodrades med varierande majs- och gräsensilagegivor vilket gör att det inte går att avgöra hur grovfodret påverkade metanavgången. Studien har därför inte gått djupare in på de olika fodergivorna. Dock utfodrades besättning C enbart med gräsensilage och jämfördes därmed med övriga besättningar. Besättning C skiljde sig inte signifikant mot tre av besättningarna, däremot hade besättning B en signifikant lägre metanavgång. Den lägre metanavgången kan ha påverkats av att besättning B utfodrades med en högre mängd kraftfoder och en lägre mängd grovfoder än övriga besättningar.

8.7 EKONOMISKA ASPEKTER

Försöksfodret var dyrare än kontrollfodret. Det är dock inte bara foderkostnaderna som påverkar om lantbrukarna får en ekonomisk vinst eller förlust på fodret. Om ett dyrare foder gör att mjölkavkastningen ökar och/eller att korna blir friskare kan det göra att lantbrukaren i slutändan tjänar på ett dyrare foder. I den här studien gick det inte att se någon skillnad på mjölkavkastning och fetthalt, däremot tenderade proteinhalten att minska. Den minskande proteinhalten kan påverka ekonomin negativt. Tidigare studier har däremot visat att linfrötillförsel har positiva effekter på kors fertilitet och att dräktighetsprocenten ökar (Petit *et al.*, 2002; Peters & Pursely, 2003). Några sådana undersökningar har dock inte gjorts i den här studien.

9 FRAMTIDA FORSKNING

- Värmebehandlat lin är mer skyddat från biohydrogenering än vad krossat lin är, vilket gör att halten av omättade fettsyror borde bli högre. Däremot frisätts fettsyror lite för fort i våmmen när värmebehandlade linfrön tillförs vilket orsakar en negativ effekt (till exempel lägre mjölkavkastning). Det skulle därför vara intressant att i en studie blanda värmebehandlade och krossade linfrön i foderstaten för att se om omega-3 halten blir högre än vad den blev i den här studien samtidigt som mjölkavkastningen inte får minska.
- En längre studie skulle behövas, både vad gäller kontroll- och försöksperioden, för att med bättre säkerhet se om analysresultaten stämmer. En studie med fler besättningar och där några besättningar är kontroller samtidigt som övriga utfodras med försöksfodret. På så sätt skulle det gå att undersöka om eventuella skillnader skulle kunna bero på fodret eller säsongsvariationer.
- En studie där några besättningar ges enbart gräsensilage medan andra ges en mix av gräs- och majsensilage, för att se om det blir någon skillnad på mjölkens fettsyror mellan grovfoderslagen.
- En studie där kor inom besättningen delas upp i till exempel två grupper, där den ena gruppen utfodras med besättningens normala fodergiva och den andra gruppen utfodras med linfrön. Det för att lättare se om fodret till exempel påverkar omega-3 halten, mjölkavkastning samt mjölkens halter av protein och fett.
- Den här studien använde sig enbart av ett specifikt beräkningssätt för att uppskatta metanavgången. En studie där metanavgången mäts direkt från kor, till exempel den som Martin *et al.* (2008) använde sig av, skulle ge säkrare resultat. Då kan man studera hur metanavgången påverkas beroende på om korna ges linfrön eller inte samt hur ensilageblandningen påverkar metanavgången.
- Studera om fertilitet och dräktighetsprocent påverkas vid utfodring med linfrön.

10 SLUTSATSER

- Utfodring med försöksfodret, krossade linfrön, gav en signifikant ökning av omega-3 halten i mjölken. Omega-3 halten stabiliserades efter tre veckor med krossade linfrön. Den hade då i genomsnitt ökat med 43 %.
- Utfodring med krossade linfrön minskade kvoten mellan omega-6 och omega-3 halten i mjölken med 36 %.
- Krossade linfrön minskade signifikant halten av mättade fettsyror och ökade signifikant halten av både enkel- och fleromättade fettsyror i mjölken.
- Fria fettsyror minskade signifikant i mjölken vid utfodring med krossade linfrön. Halten minskade i genomsnitt med 41 %.
- Mjölkvastningen påverkades inte vid utfodring med krossade linfrön.
- Fetthalten påverkades inte i mjölken men proteinhalten visade en tendens att minska när krossade linfrön tillfördes. Proteinhalten minskade i genomsnitt med 0,9 %.
- Den beräknade metanavgången minskade numeriskt men det var ingen signifikant minskning.
- Utfodring med krossade linfrön innebar att foderkostnaden ökade med ungefär 12 öre per kg ECM.

11 REFERENSER

- AFSSA. 2001. The omega 3 fatty acid and the cardiovascular system: nutritional benefits and claims. [<http://www.afssa.fr/Documents/NUT-Ra-omega3EN.pdf>]. (20110728).
- Ambrose, D.J., Kastelic, J.P., Corbett, R., Pitney, P.A., Petit, H.V., Small, J.A., Zalkovic, P. 2006. Lower Pregnancy Losses in Lactating Dairy Cows Fed a Diet Enriched in α -Linolenic Acid. *Journal of Dairy Science* 89: 3066–3074.
- Andersson, I. 2002. Fria fettsyror i leverantörmjölks – en kartläggningsstudie. Svensk Mjölks Branschintern. Rapport nr 7000-I. 2002-02-14.
- Andersson, I., Gyllenswärd, M. 2004. Fältmässig undersökning av gårdar med höga respektive normala halter av fria fettsyror i mjölken. Svensk Mjölks Branschintern. Rapport nr 7027-I. 2004-02-20.
- Arvidsson, K. 2009. Factors Affecting Fatty Acid Composition in Forage and Milk. Doctoral Thesis, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 62, SLU Umeå.
- Basiron, Y. 2007. Palm oil production through sustainable plantations. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109: 289–295.
- Bauman, D.E., Griinari, J.M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review Nutrition* 23: 203–27.
- Beauchemin, K. A., McGinn, S. M., Benchaar, C., Holtshausen, L. 2009. Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science* 92: 2118–2127.
- Bork, N.R., Schroeder, J.W., Lardy, G.P., Vonnahme, K.A., Bauer, M.L., Buchanan, D.S., Shaver R.D., Fricke, P.M. 2010. Effect of feeding rolled flaxseed on milk fatty acid profiles and reproductive performance of dairy cows. *Journal of animal science* 88: 3739–3748.
- Brandt, M., Haeussermann, A., Hartung, E. 2010. *Invited review*: Technical solutions for analysis of milk constituents and abnormal milk. *Journal of Dairy Science* 93: 427–436.
- CAP. Reform of the common agricultural policy (CAP). 1997. EU- legislation. [http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/general_framework/l60002_en.htm]. (2011-11-03).
- Chilliard, Y., Ferlay, A. 2004 Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development* 44: 467–492.
- Chilliard, Y., Martin, C., Rouel, J., Doreau, M. 2009. Milk fatty acids in dairy cows fed whole crude linseed, extruded linseed, or linseed oil, and their relationship with methane output. *Journal of Dairy Science* 92: 5199–5211.
- Côrtes, C., da Silva-Kazama, D.C., Kazama, R., Benchaar, C., Santos, G.T.D., Zeoula, L.M., Petit, H.V. 2011. Intake and digestion of fatty acids by dairy cows fed whole flaxseed and Ca salts of flaxseed oil. *Animal Feed Science and Technology* 169: 270–274.
- Dang Van, Q.C., Focant, M., Mignolet, E., Turu, C., Froidmont, E., Larondelle, Y. 2011. Influence of the diet structure on ruminal biohydrogenation and milk fatty acid composition of cows fed extruded linseed. *Animal Feed Science and Technology* 169: 1–10.
- da Silva, D.C., Santos, G.T., Branco, A.F., Damasceno, J.C., Kazama, R., Matsushita, M., Horst, J.A., dos Santos, W.B.R., Petit, H.V. 2007. Production Performance and Milk Composition of Dairy Cows Fed Whole or Ground Flaxseed With or Without Monensin. *Journal of Dairy Science* 90: 2928–2936.
- Eckersten, H., Andersson, L., Holstein, F., Mannerstedt Fogelfors, B., Lewan, E., Sigvald, R., Torssell, B., Karlsson, S. 2008. Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige. [http://pub.epsilon.slu.se/3366/1/No_6.pdf]. (2011-11-08).

- EFSA. 2011. Scientific opinion. European Food Safety Authority. 9(4): 2050.
[<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2050.htm>]. (20110728).
- Emanuelson, M., Cederberg, C., Bertilsson, J., Rietz, H. 2006. Närodlat foder till mjölkkor –en kunskapsuppdatering. Rapport nr 7059-P.
- Everitt, B., Cederberg, C., Emanuelson, M., Bitsch, F. 2008. Soja från uthållig odling till svenska Mjölkcor. Svensk mjölk. Branschintern. Rapport nr: 7073-I.
- Fall, N., Emanuelson, U. 2011. Fatty acid content, vitamins and selenium in bulk tank milk from organic and conventional Swedish dairy herds during the indoor season. *Journal of Dairy Research* 78: 287–292.
- Fitzherbert, E.B., Struebig, M.J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C.A., Donald, P.F., Phalan, B. 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution* Vol.23 No.10.
- Fuentes, M.C., Calsamiglia, S., Sánchez, C., González, A., Newbold, J.R., Santos, J.E.P., Rodríguez-Alcalá, L.M., Fontecha, J. 2008. Effect of extruded linseed on productive and reproductive performance of lactating dairy cows. *Livestock Science* 113: 144–154.
- Giger-Reverdin, S., Morand-Fehr, P., Tran, G. 2003. Literature survey of the influence of dietary fat composition on methane production in dairy cattle. *Livestock Production Science* 82: 73–79.
- Glasser, F., Ferlay, A., Chilliard, Y. 2008. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science* 91: 4687–4703.
- Gonthier, C., Mustafa, A.F., Berthiaume, R., Petit, H.V., Martineau, R., Ouellet, D.R. 2004. Effects of feeding micronized and extruded flaxseed on ruminal fermentation and nutrient utilization by dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87: 1854–1863.
- Gonthier, C., Mustafa, A.F., Ouellet, D.R., Chouinard, P.Y., Berthiaume, R., Petit, H.V. 2005. Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows: Effects on blood parameters and milk fatty acid composition. *Journal of Dairy Science* 88: 748–756.
- Griinari, J.M., Dwyer, D.A., McGuire, M.A., Bauman, D.E., Pamquist, D.L., Nurmela, K.V.V. 1998. *Trans-Octadecenoic Acids and Milk Fat Depression in Lactating Dairy Cows*. *Journal of Dairy Science* 81: 1251–1261.
- Gunnarsson, A. 2011. Svensk frötidning nr 3, 2011.
[<http://www.svenskraps.se/kunskap/pdf/01396.pdf>]. (2011-11-07).
- Gustafsson, A.H. 2000. cit. Lundgren, A. 2003. Kvalitetssäkrad utfodring – Mjölkcor.
[http://svenskmjolk.se/Global/Dokument/EPi-tr%C3%A4det/Mj%C3%B6lkkg%C3%A5rden/Mj%C3%B6lkkvalitet/Kvalitetss%C3%A4krad%20mj%C3%B6lkproduktion/Utfodring_mjolkcor.pdf]. (20120208).
- Hellberg, S. 2011. Svenska Lantmännen. Personligt meddelande.
- Hojman, D., Kroll, O., Adin, G., Gips, M., Hanochi, B., Ezra, E. 2004. Relationships Between Milk Urea and Production, Nutrition, and Fertility Traits in Israeli Dairy Herds. *Journal of Dairy Science* 87: 1001–1011.
- Hälsinglands linförening. 2011. [www.linlandet.com]. (2011-11-03).
- Johnson, K., Huyler, M., Westberg, H., Lamb, B., Zimmerman, C. 1994. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environmental Science and Technology* 29: 359–362.
- Jordbruksstatistik årsbok 2010 – med data om livsmedel. 2010.
[http://www.scb.se/statistik/_publikationer/JO1901_2010A01_BR_00_JO01BR1001.pdf]. (2011-11-06).

- Jordbruksverket. 2001. Åkerarealens användning i juni 2001. JO 10 SM 0201
[http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Arealer/JO10/JO%2010SM0201/JO10SM0201_kommentarer.htm]. (2011-10-08).
- Jordbruksverket. 2010. Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om foder. Statens jordbruksverks författningssamling. SJVFS 2010:75 Saknr M 39. Omtryck. (2012-03-22).
- Jordbruksverket. 2011a. Lin i växtföljden.
[<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/andrajordbruksgrodor/lin/vaxtfoljd.4.3229365112c8a099bd980005328.html>]. (2011-07-16).
- Jordbruksverket. 2011b. Att välja mineralgödsel vid odling av lin.
[<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/andrajordbruksgrodor/lin/vaxtnaring/mineralgods.4.510b667f12d3729f91d80004224.html>]. (2011-07-16).
- Jordbruksverket. 2011c. Lin är känsligt för markpackning.
[<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/andrajordbruksgrodor/lin/vaxtnaring/stallgods.4.3229365112c8a099bd980003277.html>]. (2011-07-16).
- Jordbruksverket. 2011d. Mekanisk bekämpning av ogräs i lin.
[<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/andrajordbruksgrodor/lin/ogras/mechaniskograsbekampning.4.3229365112c8a099bd980006402.html>]. (2011-07-16).
- Jordbruksverket. 2011e. Kemisk bekämpning av ogräs i linodling.
[<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/andrajordbruksgrodor/lin/ogras/kemiskograsbekampning.4.510b667f12d3729f91d80003054.html>]. (2011-07-16).
- Kennelly, J.J. 1996. The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. *Animal Feed Science Technology* 60: 137- 152.
- Kliem, K.E., Morgan, R., Humphries, D.J., Shingfield, K.J., Givens, D.I. 2008. Effect of replacing grass silage with maize silage in the diet on bovine milk fatty acid composition. *Animal* 2:12, 1850–1858.
- Larsson. 2000. Hopp för linet. *Svensk frötidning* nr 5, 2000.
[<http://www.svenskraps.se/kunskap/pdf/00039.pdf>]. (2011-11-07).
- Lidström, E.M., Persson, A.T. 2010. Foderstatskontroller för lakterade kor och sinkor. (2010-09-22). *Svensk Mjolk*. www.svenskmjolk.se.
- Livsmedelsverket. Uppdaterad 2010-01-15. Växtgifter – fördjupning.
[<http://www.slv.se/sv/grupp1/Risker-med-mat/Vaxtgifter/Vaxtgifter---fordjupning/>]. (2011-09-06).
- Lundin & Larsson. 2000. [<http://www.jti.se/uploads/jti/t83.pdf>]. (2011-07-16).
- Lutz, C. 2010. Mjölkens positiva effekter.
[<http://www.svenskmjolk.se/Mjolk-smor-och-ost/Mjolk/Positiva-effekter-av-mjolkkonsumtion--en-forskningssammanstallning/>]. (2011-09-13).
- Martin, C., Rouel, J., Jouany, J.P., Doreau, M., Chilliard, Y. 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *Journal of Animal Science* 86: 2642-2650.
- Mc Donald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. 2002. *Animal nutrition – Sixth edition*. Pearson Education. Livsmedelsverket. Uppdaterad 2010-01-15. Växtgifter – fördjupning. 2011-09-06. [<http://www.slv.se/sv/grupp1/Risker-med-mat/Vaxtgifter/Vaxtgifter---fordjupning/>].
- Miglior, F., Sewalem, A., Jamrozik, J., Bohmanova, J., Lefebvre, D.M., Moore, R.K. 2007. Genetic Analysis of Milk Urea Nitrogen and Lactose and Their Relationships with Other Production Traits in Canadian Holstein Cattle. *Journal of Dairy Science* 90: 2468–2479.
- Moss, A.R., Jouany, J.P., Newbold, J. 2000. Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. *Annales de Zootechnie* 49: 231–253.

- Oba, M., Thangavelu, G., Dehghan-banadaky, M., Ambrose, D.J. 2009. Unprocessed whole flaxseed is as effective as dry-rolled flaxseed at increasing α -linolenic acid concentration in milk of dairy cows. *Livestock science* 122: 73–76.
- Olsson, A.C., Emanuelson, M., Wiktorsson, H. 1988. Linfröets egenskaper och användbarhet som foder. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Rapport 173.
- Person, J. 2004. Alkofeed, Kalkfett. Karlshamns AB, nummer 6 2004.
[http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:rn6QXGXqvbvIJ:www.karlshamns.com/se/includes/dokument.asp%3FID%3DAkofeed_Kalkfett_nr6_sv.pdf+Akofeed-Kalkfett&hl=sv&gl=se&pid=bl&srcid=ADGEESiW_LLnowrbtNrRnyETDiDarX0Iwl-8y5c3zn4CCNVZm0-FK3HUDzGb6ZGzslVRUEto1RisiT32_dDwk8YGGVlis-UzarCjzcXeSxCoupLJ3r3ZI6VXQ52o6B4EfNqtYg8g_Jqg&sig=AHIEtbTs-wq_-NOZYJwcm0p3XX3QPflx2Q]. (2011-11-11).
- Peters, M.W., Pursely, J.R. 2003. Timing of final GnRH of the Ovsynch protocol affects ovulatory follicle size, subsequent luteal function, and fertility in dairy cows. *Theriogenology* 60: 1197–1204.
- Petersen, M.B., Sjøgaard, K., Jensen, S.K. 2011. Herb feeding increases n-3 and n-6 fatty acids in cow milk. *Livestock Science* 141: 90–94.
- Petit, H.V., Dewhurst, R.J., Scollan, N.D., Proulx, J.G., Khalid, M., Haresign, W., Twagiramungu, H., Mann, G.E. 2002. Milk Production and Composition, Ovarian Function, and Prostaglandin Secretion of Dairy Cows Fed Omega-3 Fats. *Journal of Dairy Science* 85: 889–899.
- Petit, H.V., Germiquet, C., Lebel, D. 2004. Effect of feeding whole, unprocessed sunflower seeds and flaxseed on milk production, milk composition, and prostaglandin secretion in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87: 3889–3898.
- Petit, H.V., Côrtes, C. 2010. Milk production and composition, milk fatty acid profile, and blood composition of dairy cows fed whole or ground flaxseed in the first half of lactation. *Animal Feed Science and Technology* 158: 36–43.
- Petit, H.V., Gagnon, N. 2011. Production performance and milk composition of dairy cows fed different concentrations of flax hulls. *Animal Feed Science and Technology* 169: 46–52.
- Reijnders, L., Huijbregts, M.A.J. 2008. Palm oil and the emission of carbon-based greenhouse gases. *Journal of Cleaner Production* 16:477–482.
- Riaz, M.N. 2005. Extrusion Processing of Oilseed Meals for Food and Feed Production. In: Bailey's industrial oil and fat products. (eds. Shahidi. F.) Volume 6. Memorial University of Newfoundland.
- Sampaio, G., Nobre, C., Costa, M.H., Satyamurty, P., Soares-Filho, B.S., Cardoso, M. 2007. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophysical Research Letters*, Vol. 34, L17709.
- SAS. 2008. Version 9.2. Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Simopoulos, A.P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 56: 365–379.
- Skånemejerier. 2010. Årsredovisning 2010.
[[http://www.skanemejerier.se/upload/24180/Sk%C3%A5nemejeriers%20%C3%85rsredovisningen%202010\].pdf](http://www.skanemejerier.se/upload/24180/Sk%C3%A5nemejeriers%20%C3%85rsredovisningen%202010].pdf)]. (2011-12-04).
- Slots, T., Butler, G., Leifert, C., Kristensen, T., Skibsted, L.H., Nielsen, J.H. 2009. Potentials to differentiate milk composition by different feeding strategies. *American Dairy Science Association* 92: 2057–2066.
- Spörndly, R. 2000. Fodermedel. Jordbruksverket.
[http://www.vaxteko.nu/html/sll/sjv/utan_serietitel_sjv/UST00-04/UST00-04D.HTM]. (2011-09-06).

- Spörndly, R. 2003. Fodertabeller för idisslare 2003. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. 2007. Livestock's Long Shadow Environmental Issues and Options.
- Strudsholm, F., Sejresn, K. 2003. Kvægets ernæring og fysiologi Bind 2 – Fodring og produktion. DJF rapport Husdyrbrug nr. 54.
- Svennersten-Sjaunja, K., Wiktorsson, H. 2002. Mer fria fettsyror i mjölken vid korta och oregelbundna mjölkningsintervall. FAKTA Jordbruk. Sammanfattar aktuell forskning. Nummer 19, 2002.
- Swedwatch. 2010. Mer kött och soja – mindre regnskog. En rapport om svensk import från Brasilien. Rapport 34.
- Tan, K.T., Lee, K.T., Mohamed, A.R., Bhatia, S. 2009. Palm oil: Addressing issues and towards sustainable development. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13: 420–427.
- Tolkningsguide. 2011. Kokontrollen för optimal lönsamhet. [<http://svenskmjolk.se/Global/Dokument/Dokumentarkiv/Produkter%20och%20tj%C3%A4nster/Produktblad/Tolkningsguide%20f%C3%B6r%20Kokontrollen%204Mb.pdf>]. (2011-11-08).
- Volden, H. 2011. NorFor – The Nordic feed evaluation system. EAAP publication no 130. Wageningen Academic Publishers.
- Zachut, M., Arieli, A., Lehrer, H., Argov, N., Moallem, U. 2008. Dietary unsaturated fatty acids influence preovulatory follicle characteristics in dairy cows. Reproduction 135: 683–692.

BILAGA 1

Foderkostnader

Tillskottsfoder	Pris, kr
Unik 52	3,20
Unik 82	3,22
Unik Nära	3,05
Unik Nära försök	3,34
Solid 120	2,44
Solid Nära försök	2,87
Vida 190	2,58

BILAGA 2

Foderstatskontrollen för respektive besättning under kontroll- respektive försöksperioden.
Korna kalvade 31 till 120 dagar innan foderstatskontrollen.

Besättning A	kg ECM			Försöksperiod	kg ECM		
	20	30	40		20	30	40
Kontrollperiod	Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg		Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg
Ensilage	5,36	6,50	7,25	Ensilage	5,50	5,50	5,50
Majsensilage	6,00	6,00	6,00	Majsensilage	4,73	4,00	3,36
Halm	0,50	0,50	0,50	Halm	0,50	0,50	0,50
Unik 52	1,44	2,00	2,00	Unik nära	2,00	2,00	2,00
Vida 190	3,50	7,50	12,74	Solid nära	3,74	9,94	13,00
Foderstatskontroll							
NEL tot, MJ/dag	105,8	137,2	168,6		105,8	137,2	150,8
TS-intag, kg TS/dag	16,1	21,3	26,7		15,7	20,5	22,5
PBV, g/kg TS	9,0	11,0	10,0		9,0	10,0	10,0
Fettsyror, g/kg TS	25,0	29,0	30,0		27,0	32,0	34,0
NDF, g/kg TS	377,0	370,0	262,0		272,0	350,0	342,0
Stä, g/kg	209,0	200,0	201,0		192,0	209,0	211,0
Tuggtid, min/kg TS	41,0	35,0	31,0		39,0	30,0	27,0
Opt.kostn, kr/dag	17,53	30,18	44,04		21,20	38,75	47,42
NEL-bal, %	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	89,4
AAT-bal, %	95,3	96,6	87,7		96,0	06,8	89,9
AAT/NEL, g/MJ	15,8	16,4	17,2		16,2	16,5	15,1
Ca-diff, g/dag	-12,6	-1,9	8,7		-1,7	18,9	16,2
P-diff, g/dag	-0,5	16,5	37,5		-2,0	12,8	12,4
Mg-diff, g/kg	3,2	12,0	22,2		6,8	21,1	23,2
Vomn NDF, %	57,1	53,9	50,9		61,1	57,8	56,8
Vombelast, g/g NDF	0,56	0,53	0,53		0,50	0,54	0,55
Råprot, g/kg TS	144,0	159,0	168,0		148,0	162,0	167,0
iNDF, g/kg TS	75,0	76,0	77,0		69,0	65,0	64,0
Stä + soc, g/kg TS	263,0	254,0	256,0		243,0	260,0	263,0
Stä + rest, g/kg TS	299,0	299,0	305,0		301,0	325,0	332,0
K, g/kg TS	13,8	13,4	12,9		13,7	12,3	11,9
Se, mg/kg TS	0,2	0,2	0,3		0,2	0,2	0,3
Vit E tot, IE/dag	677,0	918,0	1147,0		693,0	892,0	984,0
FV-bal, %	90,9	97,5	102,3		86,0	87,3	82,3
ECM respon, kg/dag	20,0	30,0	40,0		20,0	30,0	34,3
N utn, %	29,4	30,1	30,2		29,4	30,7	34,3
Vomn Råprot, g/kg TS	99,0	105,0	107,0		100,0	105,0	107,0
C16:0, g/kg TS	1,6	1,3	1,1		1,8	1,6	1,4
C18:0, g/kg TS	0,2	0,2	0,1		0,4	0,4	0,4
C18:1, g/kg TS	2,2	2,1	2,0		3,6	4,0	4,1
C18:2, g/kg TS	3,7	3,0	2,6		4,1	3,5	3,3
C18:3, g/kg TS	2,5	2,3	2,1		5,9	6,2	6,3
Råfett, g/kg TS	40,0	43,0	44,0		43,0	47,0	48,0

Besättning B**kg ECM**

	20	30	40
Kontrollperiod	Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg
Ensilage	5,4	5,4	6,0
Majsensilage	2,0	4,0	4,0
Halm	1,0	0,9	1,0
Hö	1,0	0,9	1,0
Betmassa	3,0	3,0	3,2
Korn, automat	0,9	1,0	2,9
Korn, kärna	3,0	3,4	3,8
Unik nära	4,0	6,0	8,6

Försöksperiod

Ensilage	5,40
Majsensilage	2,07
Halm	1,0
Hö	1,0
Betmassa	3,2
Solid nära	0,9
Korn, kärna	3,0
Unik nära	4,0

kg ECM

	20	30	40
Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg
Ensilage	5,40	5,40	6,0
Majsensilage	2,07	4,4	4,29
Halm	1,0	0,9	1,50
Hö	1,0	0,9	1,50
Betmassa	3,2	3,0	3,2
Solid nära	0,9	1,0	2,9
Korn, kärna	3,0	3,4	3,8
Unik nära	4,0	6,0	8,6

Foderstatskontroll

NEL tot, MJ/dag	111,5	138,4	169,8
TS-intag, kg TS/dag	16,9	21,3	26,2
PBV, g/kg TS	25,0	17,0	13,0
Fettsyror, g/kg TS	26,0	28,0	30,0
NDF, g/kg TS	396,0	391,0	372,0
Stä, g/kg	144,0	149,0	159,0
Tuggtid, min/kg TS	45,0	42,0	38,0
Opt.kostn, kr/dag	23,79	31,30	43,26
NEL-bal, %	104,2	100,0	100,0
AAT-bal, %	100,4	97,5	98,1
AAT/NEL, g/MJ	17,2	17,0	17,6
Ca-diff, g/dag	12,9	12,5	20,7
P-diff, g/dag	2,1	6,6	17,5
Mg-diff, g/kg	8,4	10,2	15,4
Vomn NDF, %	60,7	58,2	55,6
Vombelast, g/g NDF	0,34	0,34	0,36
Råprot, g/kg TS	165,0	169,0	176,0
iNDF, g/kg TS	80,0	79,0	76,0
Stä + soc, g/kg TS	191,0	194,0	203,0
Stä + rest, g/kg TS	278,0	280,0	299,0
K, g/kg TS	15,5	14,3	13,7
Se, mg/kg TS	0,17	0,18	0,21
Vit E tot, IE/dag	816,0	1005,0	1296,0
FV-bal, %	83,3	92,0	96,1
ECM respon, kg/dag	21,4	30,0	40,0
N utn, %	24,5	28,3	29,2
Vomn Råprot, g/kg TS	117,0	113,0	113,0
C16:0, g/kg TS	2,6	2,7	2,8
C18:0, g/kg TS	0,4	0,4	0,5
C18:1, g/kg TS	3,9	4,7	5,2
C18:2, g/kg TS	7,4	8,4	9,1
C18:3, g/kg TS	3,3	3,0	3,0
Råfett, g/kg TS	41,0	43,0	45,0

111,5	138,4	169,8
16,9	21,3	26,2
25,0	17,0	13,0
26,0	28,0	30,0
396,0	391,1	372,0
144,0	149,0	159,0
45,0	42,0	38,0
24,47	32,32	44,72
104,2	100,0	100,0
100,4	97,5	98,1
17,2	17,0	17,6
12,9	12,5	20,7
2,1	6,6	17,5
8,4	10,2	15,4
60,7	58,2	55,6
0,34	0,34	0,36
165,0	169,0	176,0
80,0	79,0	76,0
191,0	194,0	203,0
278,0	280,0	299,0
15,5	14,2	13,7
0,17	0,18	0,21
816,0	1005,0	1296,0
83,3	92,9	96,1
21,4	30,0	40,0
24,5	28,3	29,2
117,0	113,0	113,0
2,4	2,4	2,5
0,4	0,5	0,5
3,6	4,3	4,8
5,0	5,5	5,7
6,6	6,9	7,5
41,0	43,0	45,0

Besättning C	kg ECM				kg ECM		
	20	30	40		20	30	40
Kontrollperiod	Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg	Försöksperiod	Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg
Ensilage	9,42	10,44	11,92	Ensilage	10,29	12,39	13,24
Halm	0,5	0,5	0,5	Halm	0,5	0,5	0,5
Betmassa	2,0	2,0	2,0	Betmassa	2,0	2,0	2,0
Korn	3,0	4,7	6,3	Korn	3,0	4,7	6,3
Unik 82	2,0	4,7	7,3	Unik nära	2,0	4,7	7,3
Foderstatskontroll							
NEL tot, MJ/dag	105,8	137,2	168,6		105,8	137,2	160,3
TS-intag, kg TS/dag	16,3	21,2	26,4		17,2	23,2	27,7
PBV, g/kg TS	20,0	23,0	22,0		16,0	16,0	16,0
Fettsyror, g/kg TS	23,0	29,0	33,0		21,0	25,0	28,0
NDF, g/kg TS	392,0	371,0	360,0		442,0	458,0	469,0
Stä, g/kg	101,0	121,0	131,0		95,0	110,0	122,0
Tuggtid, min/kg TS	48,0	41,0	38,0		49,0	43,0	39,0
Opt.kostn, kr/dag	15,76	26,72	37,52		16,48	28,38	39,14
NEL-bal, %	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	95,0
AAT-bal, %	94,8	96,2	97,6		96,0	97,5	96,1
AAT/NEL, g/MJ	15,6	16,3	17,1		16,1	16,9	16,9
Ca-diff, g/dag	25,8	37,3	51,2		32,7	52,6	61,7
P-diff, g/dag	-9,9	-2,0	6,4		-5,6	8,0	17,2
Mg-diff, g/kg	4,4	10,0	15,9		6,2	13,9	18,6
Vomn NDF, %	65,5	61,2	58,1		62,8	58,0	54,9
Vombelast, g/g NDF	0,15	0,21	0,24		0,13	0,16	0,19
Råprot, g/kg TS	149,0	166,0	176,0		144,0	157,0	165,0
iNDF, g/kg TS	68,0	68,0	69,0		82,0	93,0	101,0
Stä + soc, g/kg TS	134,0	161,0	174,0		122,0	137,0	151,0
Stä + rest, g/kg TS	288,0	297,0	301,0		245,0	221,0	207,0
K, g/kg TS	18,0	16,9	16,4		18,0	17,0	16,1
Se, mg/kg TS	0,10	0,15	0,18		0,10	0,14	0,17
Vit E tot, IE/dag							
FV-bal, %	85,3	92,2	99,2		90,3	102,1	105,0
ECM respon, kg/dag	20,0	30,0	40,0		20,0	30,0	37,3
N utn, %	28,1	28,8	29,0		27,6	28,0	29,5
Vomn Råprot, g/kg TS	113,0	119,0	120,0		108,0	110,0	110,0
C16:0, g/kg TS	2,3	2,7	2,9		2,1	2,3	2,4
C18:0, g/kg TS	0,2	0,3	0,3		0,3	0,4	0,4
C18:1, g/kg TS	1,9	3,1	3,7		1,8	2,8	3,6
C18:2, g/kg TS	3,4	4,0	4,3		3,5	4,1	4,6
C18:3, g/kg TS	4,0	3,6	3,5		5,9	7,0	7,7
Råfett, g/kg TS	41,0	46,0	50,0		40,0	44,0	46,0

Besättning D**kg ECM**

	20	30	40
Kontrollperiod	Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg
Ensilage	6,28	8,07	10,06
Majsensilage	5,24	3,98	2,66
Solid 120	4,9	9,8	14,7

Försöksperiod

Ensilage	7,12
Majsensilage	4,44
Solid nära	4,9

kg ECM

	20	30	40
Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg
Ensilage	7,12	8,64	11,74
Majsensilage	4,44	3,45	1,04
Solid nära	4,9	9,8	14,7

Foderstatskontroll

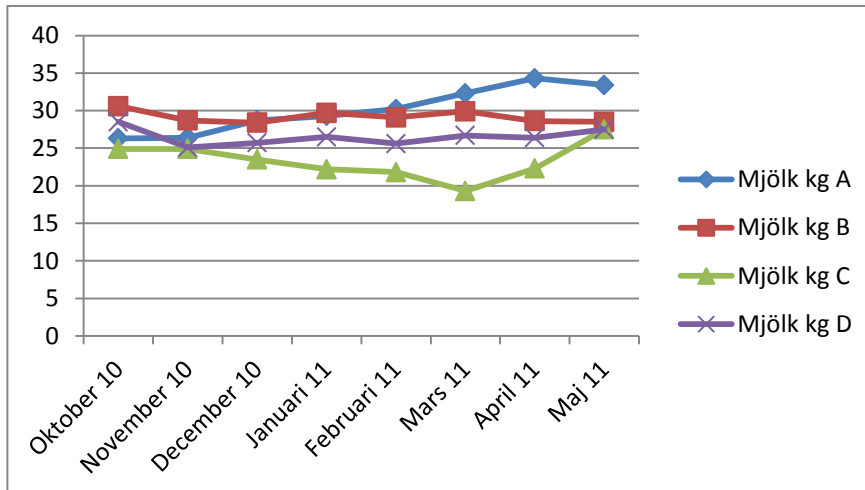
NEL tot, MJ/dag	107,0	138,4	169,8	107,0	138,3	169,8
TS-intag, kg TS/dag	15,8	20,7	25,7	15,9	20,7	25,7
PBV, g/kg TS	5,0	8,0	7,0	5,0	5,0	5,0
Fettsyror, g/kg TS	24,0	29,0	32,0	23,0	27,0	30,0
NDF, g/kg TS	407,0	390,0	381,0	418,0	399,0	396,0
Stä, g/kg	179,0	179,0	178,0	164,0	171,0	159,0
Tuggtid, min/kg TS	45,0	39,0	35,0	47,0	40,0	37,0
Opt.kostn, kr/dag	15,99	28,56	41,21	18,34	32,94	48,02
NEL-bal, %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
AAT-bal, %	95,7	96,7	97,7	95,6	96,4	97,6
AAT/NEL, g/MJ	16,0	16,5	17,2	15,9	16,4	17,1
Ca-diff, g/dag	-9,5	8,3	27,0	-4,1	14,8	39,8
P-diff, g/dag	-8,8	1,1	11,3	-6,2	5,7	18,6
Mg-diff, g/kg	6,1	17,8	29,8	6,6	18,2	30,9
Vomn NDF, %	64,8	61,9	60,0	66,0	63,3	62,4
Vombelast, g/g NDF	0,49	0,5	0,5	0,44	0,46	0,73
Råprot, g/kg TS	141,0	157,0	167,0	141,0	155,0	166,0
iNDF, g/kg TS	67,0	65,0	64,0	67,0	65,0	63,0
Stä + soc, g/kg TS	238,0	241,0	241,0	222,0	230,0	219,0
Stä + rest, g/kg TS	268,0	275,0	278,0	254,0	268,0	260,0
K, g/kg TS	14,1	13,8	13,7	14,6	13,9	14,2
Se, mg/kg TS	0,15	0,20	0,23	0,20	0,20	0,20
Vit E tot, IE/dag	687,0	937,0	1198,0	718,0	958,0	1259,0
FV-bal, %	88,1	92,9	97,2	88,2	93,0	97,4
ECM respon, kg/dag	20,0	30,0	40,0	20,0	30,0	40,0
N utn, %	30,6	31,3	31,5	30,5	31,8	31,7
Vomn Råprot, g/kg TS	98,0	106,0	108,0	99,0	104,0	108,0
C16:0, g/kg TS	1,6	1,3	1,1	1,7	1,5	1,4
C18:0, g/kg TS	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3
C18:1, g/kg TS	1,9	1,8	1,7	2,4	2,8	2,8
C18:2, g/kg TS	3,4	2,5	2,0	3,5	3,0	2,4
C18:3, g/kg TS	2,8	2,8	2,7	4,7	5,4	6,1
Råfett, g/kg TS	39,0	44,0	47,0	40,0	44,0	48,0

Besättning E		kg ECM					kg ECM		
		20	30	40			20	30	40
Kontrollperiod		Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg	Försöksperiod		Giva, kg	Giva, kg	Giva, kg
Ensilage +					Ensilage +				
Majsensilage, 50/50		8,72	12,7	13,68	majsensilage, 60/40		8,74	12,42	11,61
Unik 52		1,0	2,64	3,5	Unik nära		1,0	2,7	3,5
Solid 120		7,5	7,0	10,49	Solid nära		7,5	7,0	12,57
Foderstatskontroll									
NEL tot, MJ/dag		110,4	139,8	169,8			110,4	138,4	169,8
TS-intag, kg TS/dag		16,2	21,2	26,0			16,2	21,0	25,8
PBV, g/kg TS		19,0	9,0	5,0			15,0	5,0	4,0
Fettsyror, g/kg TS		32,0	32,0	35,0			30,0	30,0	34,0
NDF, g/kg TS		401,0	428,0	400,0			404,0	427,0	384,0
Stä, g/kg		199,0	178,0	185,0			198,0	175,0	192,0
Tuggtid, min/kg TS		37,0	41,0	37,0			37,0	41,0	32,0
Opt.kostn, kr/dag		24,44	29,79	41,4			27,81	33,29	51,68
NEL-bal, %		103,1	101,0	100,0			103,1	100,0	100,0
AAT-bal, %		99,8	98,3	98,2			99,6	97,5	98,2
AAT/NEL, g/MJ		17,3	17,2	17,7			17,1	17,0	17,8
Ca-diff, g/dag		5,9	9,1	21,5			9,4	11,8	34,1
P-diff, g/dag		0,9	2,4	10,7			5,3	7,8	24,1
Mg-diff, g/kg		15,8	17,0	26,4			15,9	16,9	31,6
Vomn NDF, %		62,1	60,5	58,0			63,3	61,4	58,3
Vombelast, g/g NDF		0,57	0,5	0,52			0,54	0,46	0,5
Råprot, g/kg TS		161,0	161,0	168,0			157,0	158,0	170,0
iNDF, g/kg TS		71,0	74,0	73,0			70,0	73,0	69,0
Stä + soc, g/kg TS		261,0	240,0	247,0			253,0	230,0	245,0
Stä + rest, g/kg TS		270,0	246,0	262,0			274,0	253,0	286,0
K, g/kg TS		12,5	13,2	12,7			12,2	12,8	11,7
Se, mg/kg TS		0,23	0,22	0,24			0,23	0,22	0,27
Vit E tot, IE/dag		692,0	933,0	1144,0			694,0	925,0	1129,0
FV-bal, %		80,0	96,6	100,7			80,0	94,8	93,9
ECM respon, kg/dag		21,0	30,4	40,0			21,1	30,0	40,0
N utn, %		26,1	29,8	30,9			26,8	30,6	30,8
Vomn Råprot, g/kg TS		111,0	104,0	104,0			107,0	102,0	105,0
C16:0, g/kg TS		1,3	1,4	2,3			2,6	2,8	1,6
C18:0, g/kg TS		0,2	0,2	0,2			0,4	0,4	0,4
C18:1, g/kg TS		2,3	2,6	2,6			3,7	4,0	4,5
C18:2, g/kg TS		3,0	3,3	3,1			3,8	4,2	3,9
C18:3, g/kg TS		2,1	2,3	2,1			5,5	6,1	6,6
Råfett, g/kg TS		46,0	46,0	49,0			44,0	45,0	48,0

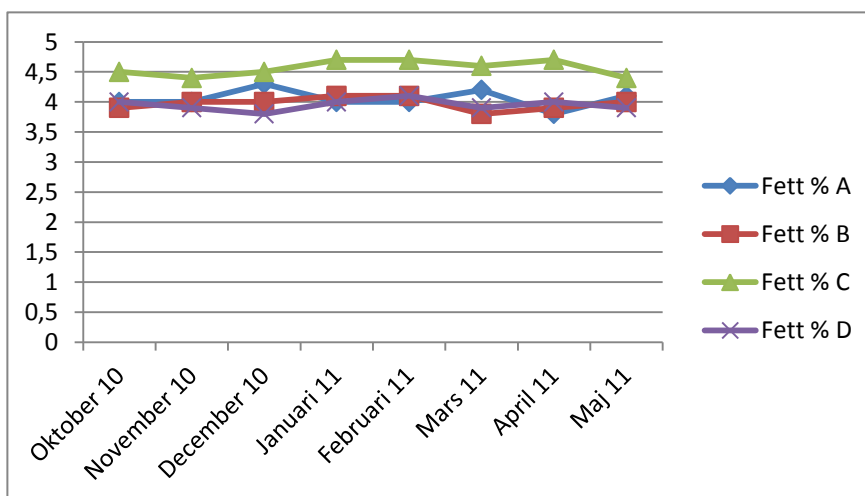
BILAGA 3

Medelvärden från kokontrollen. Mätvärdena visar från lite drygt två månader före försökets början till ungefär två månader efter försöket tog slut, beroende på när försöken pågick. Första studien började utfodra försöksfodret den 19e december och sista studien slutade utfodra försöksfodret den 5e mars.

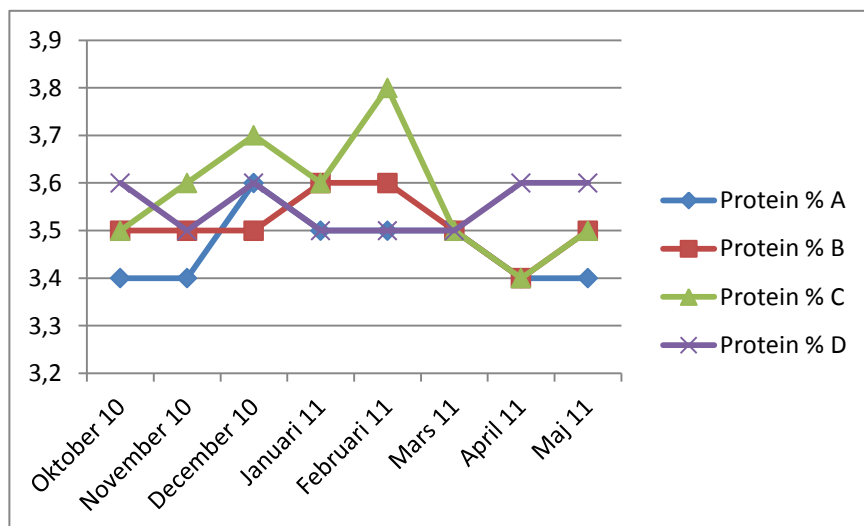
Mjölmängd



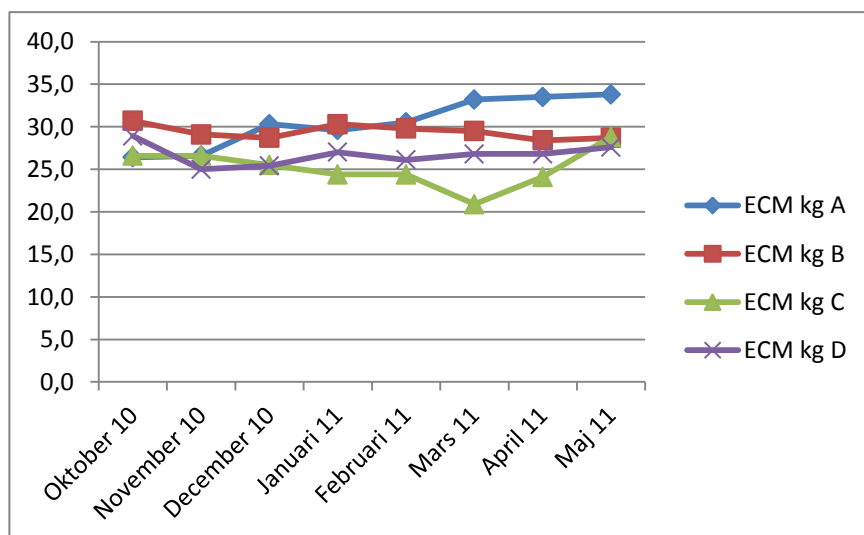
Fetthaltsprocent



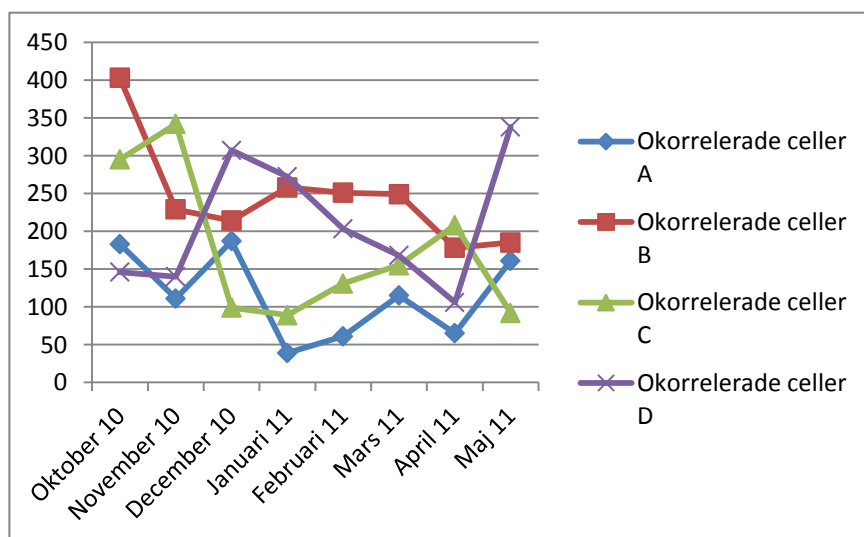
Proteinhaltsprocent



ECM



Okorrigerade celltal



BILAGA 4

Tabellvärden för sammanställning av resultaten från MilkoScan. De två första veckorna ges kontrollfodret och övriga åtta veckor ges försöksfodret. Analyserna är beställda av Skånemejerier.

Fetthalt, g/100 g

Vecka	A	B	C	D	E
1	4,08	4,08	4,43	4,06	3,99
2	4,03	4,07	4,41	4,12	4,01
3	4,00	4,11	4,40	4,09	4,01
4	4,10	4,11	4,42	4,02	4,00
5	4,08	4,13	4,42	4,01	4,10
6	3,95	4,10	4,38	4,02	
7	3,99	4,13	4,45	4,11	
8	3,96	4,13	4,33	4,01	
9	4,03	4,15	4,37	4,07	
10	3,97	4,16	4,43	4,12	

Proteinhalt, g/100 g

Vecka	A	B	C	D	E
1	3,55	3,49	3,58	3,58	3,29
2	3,58	3,51	3,58	3,52	3,27
3	3,55	3,53	3,60	3,49	3,30
4	3,60	3,52	3,59	3,48	3,33
5	3,56	3,52	3,59	3,50	3,37
6	3,49	3,46	3,59	3,50	
7	3,44	3,51	3,55	3,47	
8	3,47	3,46	3,56	3,45	
9	3,45	3,44	3,59	3,45	
10	3,46	3,45	3,59	3,44	

Ureahalt, mmol/l

Vecka	A	B	C	D	E
1	3,6	4,2	4,6	3,3	5,2
2	3,4	3,8	4,3	2,9	4,7
3	3,0	3,6	4,5	2,7	4,6
4	3,3	3,3	4,0	2,6	4,7
5	3,1	3,7	4,4	2,9	5,5
6	3,2	3,0	4,0	2,5	
7	3,3	3,2	4,0	2,8	
8	3,3	3,8	4,1	2,6	
9	3,1	3,2	4,1	2,1	
10	3,7	3,5	4,7	2,6	

Fria fettsyror, g/100 g

Vecka	A	B	C	D	E
1	0,252	0,341	0,563	0,399	0,376
2	0,293	0,456	0,645	0,560	0,245
3	0,310	0,345	0,496	0,348	0,260
4	0,195	0,350	0,524	0,351	0,229
5	0,181	0,261	0,421	0,310	0,146
6	0,164	0,196	0,360	0,231	
7	0,062	0,216	0,410	0,183	
8	0,000	0,203	0,343	0,117	
9	0,000	0,197	0,323	0,212	
10	0,000	0,187	0,359	0,194	

Laktoshalt, g/100 g

Vecka	A	B	C	D	E
1	4,82	4,82	4,85	4,73	4,72
2	4,82	4,81	4,87	4,74	4,71
3	4,87	4,82	4,89	4,78	4,70
4	4,90	4,85	4,90	4,82	4,74
5	4,88	4,82	4,93	4,84	4,77
6	4,88	4,86	4,95	4,81	
7	4,91	4,84	4,95	4,85	
8	4,90	4,83	4,95	4,82	
9	4,90	4,83	4,95	4,86	
10	4,92	4,84	4,96	4,86	

BILAGA 5

Tabellvärden, i procent av totala antalet fettsyror, för sammanställning av resultaten från gaskromatografi. De två första veckorna ges kontrollfodret och övriga åtta veckor ges försöksfodret. Analyserna är beställda av Skånemejerier.

Omega-3 fettsyror

Vecka	A	B	C	D	E
1	0,43	0,63	0,61	0,43	0,73
2	0,41	0,61	0,61	0,37	0,64
3	0,60	0,78	0,72	0,81	0,70
4	0,75	0,97	1,02	0,90	0,81
5	0,82	0,98	1,09	0,92	0,95
6	0,78	0,97	1,17	0,90	
7	0,82	0,95	1,21	0,84	
8	0,88	0,94	1,15	0,86	
9	0,86	0,94	1,19	0,83	
10	0,89	0,94	1,20	0,86	

Omega-6 fettsyror

Vecka	A	B	C	D	E
1	1,66	2,03	1,86	1,75	1,91
2	1,59	1,97	1,83	1,69	1,79
3	1,73	2,04	1,86	2,04	1,87
4	1,82	2,09	1,98	2,06	1,88
5	1,84	2,09	2,02	2,04	1,97
6	1,80	2,09	2,03	1,97	
7	1,85	2,06	2,17	2,02	
8	1,82	2,05	2,05	2,07	
9	1,88	2,01	2,12	2,04	
10	1,90	1,93	2,13	1,99	

Palmitinsyra, C16:0

Vecka	A	B	C	D	E
1	30,41	26,07	31,58	30,90	32,02
2	30,35	27,85	31,29	31,17	32,97
3	29,44	27,22	30,44	27,31	30,35
4	28,77	26,78	27,84	27,26	28,80
5	28,86	26,51	27,34	27,20	26,05
6	28,37	26,77	26,68	28,03	
7	27,80	26,89	25,11	27,13	
8	28,37	26,01	26,88	27,40	
9	27,35	25,98	25,92	27,95	
10	27,21	26,41	25,95	27,15	

Stearinsyra, C18:0

Vecka	A	B	C	D	E
1	9,27	11,66	9,75	8,97	9,80
2	9,32	10,79	9,74	9,41	9,90
3	9,51	11,10	10,15	10,19	10,69
4	9,89	11,52	11,22	10,39	11,41
5	9,79	11,71	11,73	10,38	12,36
6	10,22	11,64	12,04	10,15	
7	10,68	11,59	12,73	10,74	
8	10,34	12,22	11,74	10,51	
9	10,17	12,41	12,03	10,46	
10	11,01	12,13	12,31	10,42	

Mättade fettsyror

Vecka	A	B	C	D	E
1	69,8	67,8	71,4	68,8	67,7
2	69,2	69,2	71,1	69,1	69,1
3	68,4	68,8	70,6	65,6	67,6
4	68,6	68,7	68,5	66,1	67,1
5	68,3	68,3	68,6	66,3	65,1
6	68,2	68,6	68,2	66,6	
7	68,0	68,6	65,6	65,6	
8	68,6	67,8	68,0	65,7	
9	67,5	67,3	67,0	65,7	
10	67,2	67,6	67,2	65,9	

Omättade fettsyror

Vecka	A	B	C	D	E
1	30,2	32,2	28,6	31,2	32,3
2	30,8	30,8	28,9	30,9	30,9
3	31,6	31,2	29,4	34,4	32,4
4	31,4	31,3	31,5	33,9	32,9
5	31,7	31,7	31,4	33,7	34,9
6	31,8	31,4	31,8	33,4	
7	32,0	31,4	34,4	34,4	
8	31,4	32,2	32,0	34,4	
9	32,5	32,7	33,0	34,3	
10	32,8	32,4	32,8	34,1	

Fleromättade fettsyror

Vecka	A	B	C	D	E
1	2,7	3,2	2,9	2,7	3,3
2	2,6	3,1	2,9	2,5	3,0
3	2,9	3,4	3,0	3,4	3,1
4	3,2	3,6	3,5	3,5	3,3
5	3,3	3,7	3,7	3,5	3,6
6	3,2	3,7	3,7	3,4	
7	3,3	3,6	4,0	3,4	
8	3,3	3,6	3,8	3,5	
9	3,4	3,5	3,9	3,5	
10	3,5	3,4	3,9	3,4	

Enkelomättade fettsyror

Vecka	A	B	C	D	E
1	25,4	26,5	23,5	26,4	27,0
2	26,1	25,3	23,5	26,4	26,1
3	26,2	25,2	23,8	28,2	27,0
4	25,5	24,7	25,0	27,6	27,3
5	25,7	25,0	24,7	27,3	28,6
6	26,0	24,5	25,1	27,5	
7	26,1	24,8	27,1	28,3	
8	25,4	25,6	25,0	28,2	
9	26,0	25,9	25,7	28,3	
10	26,7	25,8	25,6	28,0	

Trans-fettsyror (exklusive CLA)

Vecka	A	B	C	D	E
1	2,7	2,6	2,1	2,2	2,6
2	2,9	2,3	2,1	2,2	2,3
3	2,9	2,3	2,0	2,5	2,3
4	2,6	2,2	2,3	2,3	2,2
5	2,7	2,4	2,3	2,5	2,4
6	2,9	2,4	2,4	2,4	
7	2,8	2,3	2,6	2,5	
8	2,6	2,3	2,2	2,6	
9	2,9	2,5	2,5	2,4	
10	2,8	2,5	2,3	2,5	

CLA

Vecka	A	B	C	D	E
1	0,57	0,59	0,44	0,48	0,68
2	0,59	0,53	0,47	0,46	0,59
3	0,61	0,56	0,46	0,59	0,56
4	0,60	0,56	0,52	0,57	0,59
5	0,64	0,60	0,54	0,58	0,64
6	0,62	0,60	0,55	0,55	
7	0,63	0,60	0,62	0,57	
8	0,63	0,58	0,57	0,59	
9	0,69	0,57	0,59	0,58	
10	0,68	0,57	0,58	0,58	

BILAGA 6

Metanavgången per ko och dag för respektive besättning under kontroll- respektive försöksperioden.

Kontrollperiod

kg ECM	A	B	C	D	E
20	415	380	415	423	419
30	430	410	428	430	472
40	440	418	448	439	485

Försöksperiod

kg ECM	A	B	C	D	E
20	402	385	404	420	384
30	392	415	432	427	433
40	384	423	444	436	422

BILAGA 7

Den dagliga genomsnittliga tillförseln av krossade linfrön per ko i respektive besättning.

Besättning	Kg per ko och dag
A	0,77
B	0,74
C	0,56
D	0,59
E	0,83

Nr	Titel och författare	År
359	Vilopuls hos 2-åriga varmblodiga travhästar i träning Resting heart rate in 2-year old Standardbreds in training 30 hp A2E-nivå Johanna Berg Johansson	2011
360	The effect of silage quality on gross energy losses 30 hp A2E-nivå Irfan Sakhawat	2011
361	Äggkvalitet kopplat till produktion, ekonomi och djurvälstånd hos svenska värphöns Egg quality and its connection to production, economy and animal welfare amongst Swedish layers 30 hp A2E-nivå Sofia Hollstedt	2011
362	Ättider i olika system att tillföra hästar grovfoder 30 ph A2E-nivå Michaela Lindbäck	2012
363	Deltidsbete i stall med automatisk mjölkning – rastbete jämfört med produktionsbete Part-time grazing in automatic milking systems - exercise pasture compared to production pasture 30 hp A2E-nivå Sara Andersson	2012
364	Nursing technique and growth environment of Rabbit fish (Siganus guttatus) in the area of Tam Giang lagoon, Thua Thien Hue 30 hp A2E-nivå Cecilia Stattin	2012
365	Vallfoder till slaktgrisar – effekter på tillväxt och social beteende vid utfodring Forage in slaughter pig production With focus on growth and social behaviour by feeding 30 hp A2E-nivå Anna Skogar	2012
366	Peas as feed for dairy cows 30 hp A1E-nivå David Galméus	2012
367	Can increased activity recorded with help of activity monitoring sensor indicate an upcoming calving? Kan ökad aktivitet registrerad med hjälp av aktivitetsmätare indikera en kommande kalvning? 30 hp A1E-nivå Hanna Persson	2012

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa, samt tidigare arbeten, kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. Earlier numbers are listed at the end of this report and may be obtained from the department as long as supplies last.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17
